

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Tester světel pro osobní automobil
Light tester for cars

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Foltyn**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612T041 Řídicí a informační systémy
Téma: **Tester světel pro osobní automobil**
Light Tester for Cars
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce se zabývá vývojem zařízení pro testování světlometů a jejich součástí po shémici CAN/LIN s využitím ovládání pomocí mobilních technologií. Cílem je vytvoření realizace zkušební desky, která bude připojitelná k vybraným světlometům, dále implementace zkušebních skriptů a ovládací aplikace nad operačním systémem příslušného mobilního zařízení.

V souhrnu je práce charakterizována následujícími body:

1. Analýza problematiky testování světlometů, současný stav.
2. Realizace hardware a software testovací desky.
3. Implementace software pro mobilní zařízení k ovládání desky s pomocí bluetooth technologie.
4. Ověření desky a testů.
5. Zhodnocení dosažených výsledků závěrečné práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BLUM, Jeremy. *Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry*. Indianapolis, Ind.: Wiley, 2013. ISBN 978-1118549360.
- [2] Smyth, Neil. *Android Studio Development Essentials Android 6 Edition*. [s.l.]:CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. ISBN 978-1519722089.
- [3] Paret, Dominique. *Multiplexed Networks for Embedded Systems: CAN, LIN, FlexRay, Safe-by-Wire*. [s.l.]:Society of Automotive Engineers, 2014. ISBN 978-0768019384.
- [4] UJBÁNYAI, Miroslav. *Programujeme pro Android*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3995-3.
- [5] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání první. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017



doc. Ing. Jiří Kozíorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou semestrální práci včetně příloh
vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a uvedl
jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 28. dubna 2017


.....

podpis student

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́jednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́jednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 28. dubna 2017



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Radek Foltyn

Adresa trvalého pobytu autora práce: Na výsluní 378, Karviná 4, 73401

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá problematikou Testování automobilových světlometů pomocí sběrnice LIN. Hlavní náplní je realizace řídicí jednotky, která komunikuje po sběrnici LIN se světlometem. Její využití je směřováno do automobilového průmyslu, konkrétně pro světlomet s využitím LED technologie vyžadující pokročilé ovládání. Návrh řídicí jednotky je proveden za použití již existujících technologií. Součástí práce je experimentální ověření funkce celé řídicí jednotky, způsob komunikace a vyhodnocení chyb, tvorba uživatelského rozhraní. Dále se práce zabývá programováním mobilních zařízení jako dálkové ovládání s ohledem na jednoduchost obsluhy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Full-LED světlomet, řídicí jednotka, LIN sběrnice, LED světlo, Android, mobilní, tester, RTC

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the testing of automobile headlamps using LIN bus. The main filling is the implementation of a control unit that communicates with the LIN with the headlamp. Its use is directed to the automotive industry, specifically for a headlight using LED technology that requires advanced control. Design of the control unit is made using existing technologies. Part of the thesis is the experimental verification of the whole control unit function, the way of communication and evaluation of errors, creation of the user interface. Furthermore, the thesis deals with the programming of mobile devices as a remote control with regard to simplicity of operation.

KEYWORDS

Full-LED headlamp, control unit, LIN bus, LED light, Android, mobile, tester, RTC

OBSAH

Obsah	7
Seznam obrázků	10
Úvod	12
1 Analýza problematiky	13
1.1 Koncepce světlometu	14
1.1.1 Optický systém	14
1.1.2 Reflektor potkávacího světla	14
1.1.3 Reflektor dálkového světla	15
1.1.4 Světlovod pro směrové světlo, denní osvětlení a obrysové světlo.	15
1.2 Řídící jednotka	16
1.2.1 Propojení řídící jednotky	16
1.2.2 Požadavky na funkčnost	17
2 Použité technologie	18
2.1 Open-Source Arduino	18
2.2 Moduly a rozšíření	19
2.2.1 LCD 20x4 displej	19
2.2.2 Maticová klávesnice	20
2.2.3 Rotační enkodér	20
2.2.4 Modul reálného času	21
2.2.5 Relé modul	21
2.2.6 Čtečka paměťových karet	22
2.2.7 Rozhraní SPI	22
2.2.8 Rádiové rozhraní Bluetooth	23
2.3 Zařízení Android	25
2.4 Vývojové nástroje a prostředí	26
2.4.1 Java Development Kit (JDK)	26
2.4.2 Software Development Kit (SDK)	26

2.4.3	Vývojové prostředí Eclipse	27
2.4.4	Android Development Tool (ADT)	27
2.5	LIN sběrnice	27
2.5.1	Vlastnosti	28
2.5.2	Fyzická vrstva	28
2.5.3	Formulace zprávy	29
3	Popis testovaného světlometu	31
3.1	Krokové motory	31
3.1.1	Bending	31
3.1.2	Leveling	32
3.1.3	Multifunkční clona	33
3.2	Simulace řídicí jednotky a testování	33
3.2.1	Testovací set	34
4	návrh testovacího zařízení	35
4.1	Požadavky	35
4.2	Implementace HW řešení	36
4.2.1	Napájecí část	36
4.2.2	Řadič LCD displeje	37
4.2.3	SD karta	37
4.2.4	Modul reálného času RTC	38
4.2.5	Převodník napětíové úrovně pro I2C	38
4.2.6	Rotační enkodér	39
4.2.7	Analogový vstup	39
4.2.8	USB OTG	40
4.2.9	Klávesnice a Bluetooth	40
4.2.10	Relé modul	41
4.2.11	HW vrstva LIN sběrnice	41
4.3	Konečná podoba testovacího boxu	42
5	Implementace SW	44
5.1	Běh programu	44
5.2	Zobrazení a ovládání	45

5.3	Implementace LIN	46
5.4	Komunikace s motory.....	46
5.5	Řízení testů a možnosti.....	47
5.6	Android ovládání	47
6	Praktické ověření a testování řídicí jednotky	49
7	zhodnocení výsledků	50
8	Literatura	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Reflektory potkávajícího světla	14
Obrázek 2: Reflektor dálkového světla	15
Obrázek 3: Světlovod pro obrysové, směrové světlo a denní osvětlení	15
Obrázek 4: Propojení řídicí jednotky a světlometu	16
Obrázek 5: Vývojová deska Arduino MEGA	18
Obrázek 6: Displej	19
Obrázek 7: Maticová klávesnice	20
Obrázek 8: Rotační enkodér	20
Obrázek 9: Modul reálného času	21
Obrázek 10: Relé modul	21
Obrázek 11: Čtečka mikroSD karet	22
Obrázek 12: Blokové znázornění zapojení SPI	23
Obrázek 13: Android logo	25
Obrázek 14: Rozhodovací úrovně vysílače a přijímače	28
Obrázek 15: Formát zprávy	29
Obrázek 16: Základní bajtové pole	30
Obrázek 17: Rozmístění bitů identifikátorů	30
Obrázek 18: Bendingový motor	32
Obrázek 19: Levelingový motor	32
Obrázek 20: Multifunkční clona	33
Obrázek 21: Testovací set	34
Obrázek 22: Hlavní napájecí část základní desky	36
Obrázek 23: Zapojení LCD řadiče	37
Obrázek 24: Zapojení SD karty	37
Obrázek 25: Zapojení RTC modulu	38
Obrázek 26: Úrovňový převodník pro I2C	38
Obrázek 27: Zapojení rotačního enkodéru	39
Obrázek 28: Zapojení analogových vstupů	39
Obrázek 29: Zapojení USB OTG	40
Obrázek 30: Zapojení relé modulu	41

Obrázek 31: Zapojení HW vrstvy LIN sběrnice	41
Obrázek 32: Finální box přední strana	42
Obrázek 33: Finální box pohled komunikace	42
Obrázek 34: Finální box pohled napájení a USB.....	43
Obrázek 35: Osazená deska přední strana.....	43
Obrázek 36: Osazená deska zadní strana	43
Obrázek 37: Postup při inicializaci	45
Obrázek 38: Vyhodnocení ovládání.....	45
Obrázek 39:Zobrazení stavu	48
Obrázek 40: Manuální ovládání.....	48

ÚVOD

S nástupem výkonových LED, se světleným tokem nad 1000 lumenů, došlo v automobilovém osvětlovacím průmyslu k rozvoji této technologie, která je dnes využívána u světlometů i pro funkce potkávacího a dálkového světla. Žárovkové světelné zdroje se stále více nahrazují LED technologií a hlavním důvodem je vyšší účinnost LED, které však vyžadují použití složitější řídicí elektroniky podporující funkce, které nebyly u předchozích světlometů potřeba. Tyto světlomety nyní potřebují složitější a delší testování, které má za účel odhalit nedostatky ovlivňující funkčnost a ověřit správnost celého konceptu světlometu jako celku.

Testování je zde velice důležité hlavně z hlediska bezpečnosti na veřejných komunikacích kde by selhání světlometů mohlo znamenat velké bezpečnostní riziko a ohrožení života. Světlomety jsou vyráběny a nastavovány tak aby zajistily dostatečné osvětlení s omezením oslnění při poruše.

Obsahem této práce je analýza testovacích systémů a vytvoření testovacího boxu, který má za úkol provázet světlomet od počátku kdy je potřeba ovládat jeho komponenty na stole vývojáře až po kompletní testy v certifikovaných zkušebnách pro udělení homologace. Tento tester musí simulovat řídicí jednotku automobilu pro zajištění stejných podmínek jako v běžném provozu.

Pro sestavení jsou použity volně dostupné komponenty a otevřená platforma založená na jednočipovém mikrokontroléru. Program pro tento mikrokontrolér je napsán v jazyce C s použitím volně dostupných knihoven a vytvoření speciální knihovny pro komunikaci LIN se světlometem a komunikační protokol umožňující řízení a vyčítání chyb ze světlometu.

Testovací box je vytvořen na plošný spoj s několika moduly podporující požadovanou funkcionalitu testovacího boxu jako je ovládání a komunikace. Hlavním bodem je zde fyzická vrstva LIN sběrnice propojující logické vstupy mikrokontroléru a LIN sběrnice běžící na napětí autobaterie.

K jednoduchému ovládání je přidáno ovládání mobilním zařízením s operačním systémem Android umožňující základní ovládání světlometu. Tato možnost je zatím jen pro demonstrační účely a bude se dále vyvíjet.

Rozšiřujícími možnostmi, které nejsou součástí práce je implementace programu pro vytváření profilů pro testování. Tato možnost nabízí univerzálnost testovacího boxu a bude v dalším vývoji implementována a dále rozvíjena o další funkce. Dalšími rozšířeními je možnost měření napětí a proudu na každém kanálu spínaném z relé nebo tlaková zkouška světlometu použitím kompresoru a měřiče tlaku.

1 ANALÝZA PROBLEMATIKY

Světlomety a jejich testování jsou samotnou součástí celého vývoje, kde testování probíhá od úplného začátku s jednotlivými částmi světlometu následně se sestavami součástí a nakonec s celým hotovým světlometem.

Testování lze rozdělit na elektrickou část, kde se testuje trvanlivost celého výrobku z pohledu napájení a funkčnosti světelného zdroje a elektronických součástí světlometu. Zde je testován proudový odběr světlometu a funkčnost všech komponentů. Pokud je přítomna komunikace vyčítají se chybové stavy, podle kterých se následně zjišťuje v kterých částech má elektronika nedostatky.

Další částí je mechanická kde se testuje odolnost mechanických částí a jejich opotřebení při zrychlených cyklech. Zrychlené cykly jsou rychlé změny teploty a vlhkosti, kde se za pět měsíců nasimuluje přibližně pět let povětrnostních vlivů a změn teplot.

Poslední částí je optická, při které se ověřuje světelný tok světlometu a kontroluje se, jestli není vlivem teplot a nepříznivých podmínek ovlivněn konečný světelný obrazec. Tato část je ze všech nejdůležitější protože světlo lze pouhým okem na cestě dobře rozpoznat a pokud by nebylo osvětlení vozovky dobré došlo by k následné reklamaci.

V souhrnu se světlomet musí vypořádat se všemi prvky ovlivňujícími ho v reálném provozu. Patří zde tyto prvky:

- Teplo až do 125 °C
- Chlad až do -40 °C
- Vlhkost
- UV záření
- Stříkající voda
- Vibrační zkoušky ve všech osách

Pro světlomety obsahující pouze žárovkové zdroje světla je testování méně náročné, protože jejich konstrukce není tak složitá jako u světlometů s komunikací a LED zdroji. Důvodem je množství komponentů, které se musí otestovat a násobící se počet chyb co se musí detekovat. Hlavním problémem je nutnost testovacího zařízení ke každému světlometu komunikujícím po nějaké sběrnici, kde je obvykle potřeba použít jedno testovací zařízení pro jeden světlomet takže je to velice náročné i finančně. Následně je nutné brát v potaz jedinečnost každého světlometu a nemožnost použití testovacího profilu na více druhů světlometů různých zákazníků.

1.1 Koncepce světlometu

Trendem v automobilovém průmyslu v posledních letech je neustálé zlepšování a rozšiřování nabídky za účelem zvyšování bezpečnosti, komfortu, zlepšování vzhledu, ale také šetření prostředků a životního prostředí. Ve vývoji světlometů to zapříčinilo, že se kromě základních funkcí, kterými jsou potkávací, dálkové, směrové a obrysové světlo začaly využívat ještě další, doplňkové funkce jako denní osvětlení nebo rohové světlo. Požadavkem zákazníka v tomto případě byl světlomet, který bude kromě základních funkcí disponovat i denním osvětlením. Důvod byl ten, že denní svícení je standardem na většině předních světel vybavenými LED technologií. Střední třída vozidel, pro kterou zákazník využití světlometu zamýšlel, obvykle nemívá LED zdroje i na funkcích jako je potkávací nebo dálkové světlo. Tento faktor je nejvýznamnější důvod toho, že je tak velký tlak právě na cenu. Pro koncové zákazníky budou tato světla nabízena jako nadstandardní výbava.

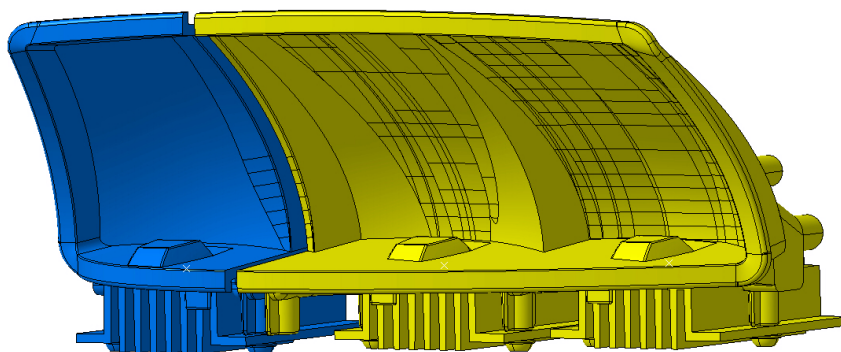
1.1.1 Optický systém

Výběr konkrétního optického konceptu byl závislý na ceně nabízených variant. Nejprve byly diskutovány varianty s částečným využitím LED světelných zdrojů, přičemž jako klasické, žárovkové funkce připadaly v úvahu zejména směrové a dálkové světlo. Na základě celkové ceny s ohledem i na elektroniku byla na přání zákazníka vybrána varianta světlometu s výhradně LED světelnými zdroji.

1.1.2 Reflektor potkávacího světla

Primární funkcí potkávacího světla je dostatečné osvětlení prostoru před autem při jízdě v nočním režimu a také jeho viditelnost ostatními účastníky silničního provozu.

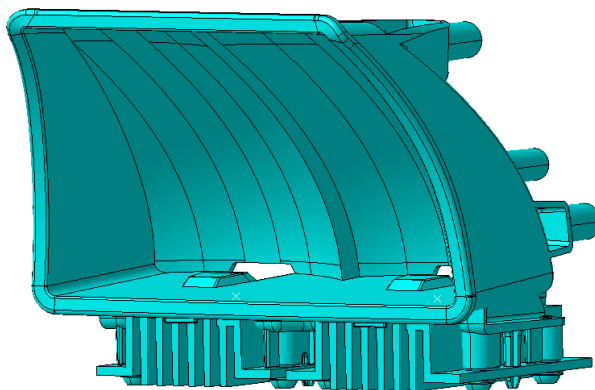
Funkce se skládá ze dvou reflektorových jednotek zobrazených na obr.1. Základní část, anglicky nazývaná "BASE" obsahuje jednu dvoj-čipovou LED v každém reflektoru. Klínová část, anglicky nazývaná "KINK" je tvořena jedním reflektorem s jednou dvoj-čipovou LED.



Obrázek 1: Reflektory potkávacího světla

1.1.3 Reflektor dálkového světla

Dálkové světlo slouží k osvětlení prostoru před vozidlem ve větší vzdálenosti. Viz obr.2. Zde je tvořeno dvěma reflektory se dvěma LED stejného typu jako v případě potkávacího světla.

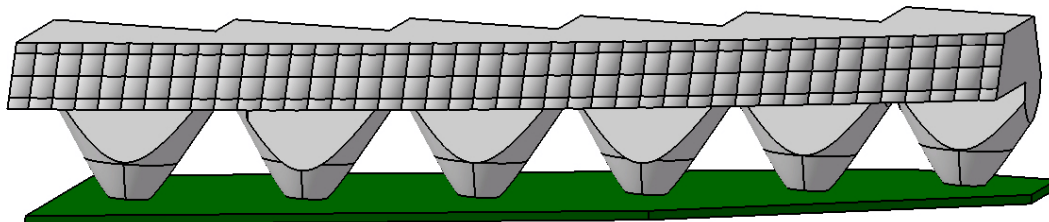


Obrázek 2: Reflektor dálkového světla

1.1.4 Světlovod pro směrové světlo, denní osvětlení a obrysové světlo.

Funkce směrového, obrysového světla a denního osvětlení jsou signálové funkce. Jejich primárním úkolem je viditelnost automobilu v různých režimech. Směrovým a obrysovým světlem musí být vybaven každý automobil. Dokonce legislativa přikazuje, že v případě poruchy funkce směrového světla musí být informován řidič vozidla (například signalizací na přístrojové desce). Povinností řidiče v takovém případě je navštívit servis, aby nebyla ohrožena bezpečnost silničního provozu. Denní osvětlení nahrazuje funkci potkávacího světla za účelem úspory energie. Důvod je ten, že pokud je venku dostatek světla, není potřeba osvětlovat prostor před autem.

Výstupní světelné výkony jsou výrazně nižší než u výkonových funkcí a proto je možné všechny signálové funkce integrovat do jednoho optického systému, kterým je v tomto případě světlovod s kolimátory zobrazeny na obr.3. V zásadě pro takový optický systém platí, že homogenita světla je závislá na počtu kolimátorů, které do světlovodu svítí. Počet použitých LED v tom případě závisí pouze na počtu kolimátorů. Čím více kolimátorů, a tedy i LED, tím lepší bude homogenita světla. V případě navrhovaného světlometu byl zadán světlovod s šesti kolimátory.



Obrázek 3: Světlovod pro obrysové, směrové světlo a denní osvětlení

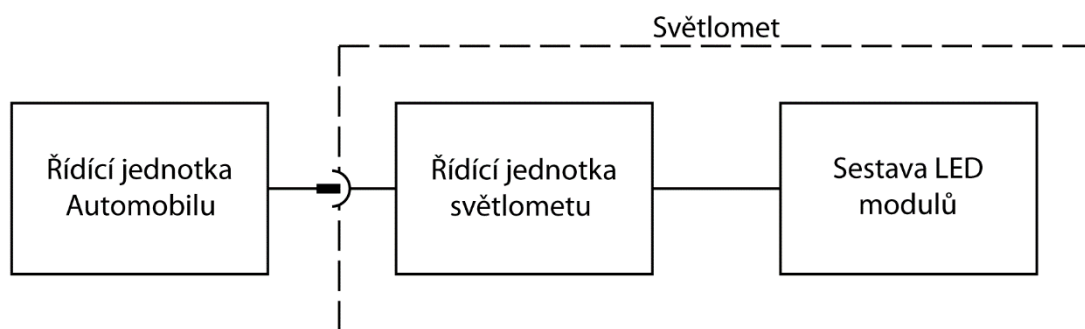
Do každého z kolimátorů svítí jedna bílá a jedna žlutá LED tak, aby bylo možné rozsvítit světlovod žlutou barvou pro funkci směrového světla a bílou barvou pro denní osvětlení nebo obrysové světlo. Pro funkci obrysového světla je dáno, že hodnota vyzařovaného světelného toku je 10 % hodnoty potřebné pro splnění funkce denního osvětlení. Z toho plyne, že i světelný tok jedné LED musí být možné snížit na 10 % hodnoty při provozování funkce denního osvětlení.

1.2 Řídící jednotka

Ke splnění parametrů definovaných optickým systémem vyžadují LED zdroje řídicí elektroniku, která musí zaručit bezchybný provoz za všech předepsaných okolností. Řídící zdroje pro obsluhu všech funkcí budou tvořit dohromady samostatnou řídicí jednotku, jejíž primární úkol bude řízení LED funkcí světlometu na základě povelů z řídicí jednotky uvnitř automobilu, se kterou je propojena. Kromě toho musí řídicí jednotka vyhovět všem legislativním požadavkům a požadavkům zákazníka.

1.2.1 Propojení řídicí jednotky

Propojení světlometu, ve kterém je řídicí jednotka umístěna, a řídicí jednotky automobilu zajišťuje hlavní kabeláž. Prostřednictvím pěti signálových vstupů jsou ovládány všechny funkce, další signálový vstup je diagnostický. Jeden výkonový signál řídicí jednotce zprostředkovává trvalé napájení. Jak je ukázáno na obrázku 4, tato hlavní kabeláž je tvořena ze dvou dílčích částí, rozdělených hlavním konektorem, který je uchycen v pouzdře světlometu. Přívodní kabeláž je trvale spojená s řídicí jednotkou automobilu a zapojuje se do hlavního konektoru, který je součástí napájecí kabeláže světlometu. Napájecí kabeláž je na jedné straně opatřena hlavním konektorem a přivádí signály přímo do řídicí jednotky světla prostřednictvím napájecího konektoru. Interní propojení LED modulů a řídicí jednotky zajišťuje propojovací kabeláž, připojená výstupním konektorem.



Obrázek 4: Propojení řídicí jednotky a světlometu

1.2.2 Požadavky na funkčnost

Soubor prováděných testů elektronických částí světlometu zahrnuje požadavky z několika oblastí a při návrhu elektroniky musí být zohledněny. Například environmentální testy jsou vybrány tak, aby co nejlépe simulovaly prostředí uvnitř světlometu, i za nejhorších možných podmínek provozu elektroniky. Například provozuschopnost v rozsahu okolních teplot T_A od -40°C do 105°C . Jejich součástí jsou i zátěžové vlhkostní zkoušky, vibrační a další teplotní testy. Požadavky zákazníka, tedy zadavatele projektu, vyplývají mimo jiné z elektronických parametrů elektroinstalační sítě automobilu a vlastností akumulátoru. Základní pracovní rozsah napětí, kdy má světlomet plnit požadavky je 9 až 16 V. Tato napětí zahrnují veškeré provozní podmínky jako například vybitá baterie nebo přebíjení akumulátoru. Další napěťové limity jsou předmětem pulsních testů v rámci testování elektromagnetické kompatibility. Jejich parametry jsou specifikované v oficiálním dokumentu zákazníka a zahrnují například puls reverzního napětí, startovací puls, který má za následek pokles napájení na hodnotu 7 V, ojedinělý puls 35 V nebo výpadky napájecího napětí. Kritériem vyhodnocení některých testů bývá zachování plné funkčnosti, zajištění části světelného výstupu nebo například návrat k bezchybné funkci po skončení testovací sekvence. Mezi další požadavky patří testování přechodových proudů při spínání a vypínání jednotlivých funkcí, proudové limity signálů, nebo časy, za které musí dojít k rozsvícení světla po zapnutí funkce. Kromě pulsního testování, anglicky označovaných zkratkou CI ("conducted immunity"), zahrnuje validace elektromagnetické kompatibility ještě testování odolnosti vůči rušení indukovaného do kabeláže (anglicky "Bulk Current Injection" BCI), měření vyzařovaných emisí ("radiated emission" RE), imunita vůči rušení šířeného v prostředí ("radiated immunity" RI) a vyzařované rušení, šířené po vodičích ("conducted emission").

Seznam testů, které budou vykonány:

- 1) Měření hodnoty zvlnění výstupních proudů.
- 2) Test funkce v celém rozsahu pracovních teplot a napětí.
- 3) Měření maximální teploty na desce plošných spojů
- 4) Výkonová účinnost v rozsahu provozních napětí.
- 5) Testování nárazových proudů ("inrush") při aktivaci funkcí.
- 6) Testování funkčnosti při poklesu napájecího napětí na 7 V při startovacím pulsu.
- 7) Testování elektromagnetické kompatibility

Jedním z požadavků, je nutnost informovat řidiče v případě jakékoliv poruchy směrového světla. Elektronika musí mít schopnost tento stav vyhodnotit a následně řidiče prostřednictvím přístrojové desky informovat. Světlomet je na jeho hlavním konektoru doplněn o detekční pin, který je připojen k trvalému napájení se základním rozsahem napětí 9 až 16 V a úkolem tohoto propojovacího signálu je poruchový stav signalizovat řídící jednotce automobilu na základě proudového odběru, který je odvozen od žárovkových funkcí, protože jejich proudová spotřeba je v případě přepálení vlákna nulová. V případě, že dojde k poruše, musí signalizovaný stav zůstat neměnný až do restartu zapalování.

2 POUŽITÉ TECHNOLOGIE

V této kapitole jsou popsány technologie, které jsou použity pro testovací zařízení světlometů a stručný popis funkcí světlometu. Všechny technologie zde popsány jsou implementovány do testovacího boxu nebo jsou součástí mobilního zařízení použitého ke komunikaci a správě testů.

2.1 Open-Source Arduino

Jedná se o otevřenou elektronickou platformu, založené na jednoduché vývojové desce a vývojovém softwaru pro tvorbu aplikací. Na vývojové desce se nachází regulátor pro 5V a 3,3V napájecí větev procesoru, převodník USB pro komunikaci a programování procesoru a středem celé desky je jednočipový mikroprocesor ATmega2560 zobrazen na obrázku č.5.

Pro projekt byla vybrána vývojová deska Arduino MEGA z důvodů dostatku výstupů a vstupů pro komunikaci. Procesor je zde již zmíněný ATmega2560. Přednosti této vývojové desky jsou následující:

- Mikroprocesor ATmega2560
- 5V logické úrovně
- Vstupní napájecí napětí 7V - 12V
- 54 digitálních vstupů / výstupů
- 15 pinů s možností PWM
- 16 analogových pinů
- Maximální proudová zátěž na jeden pin 20 mA (maximum 200 mA pro celou desku)
- Flash paměť 256KB

Při vývoji byla zvažována verze Arduino DUE, která jako hlavní přednost má vyšší takt, paměť a sběrnici CAN přímo v procesoru ale pracuje na 3,3V logice. V následném vývoji a další verzi určené pro CAN verze světlometů bude použita. Následující verze není součástí práce.



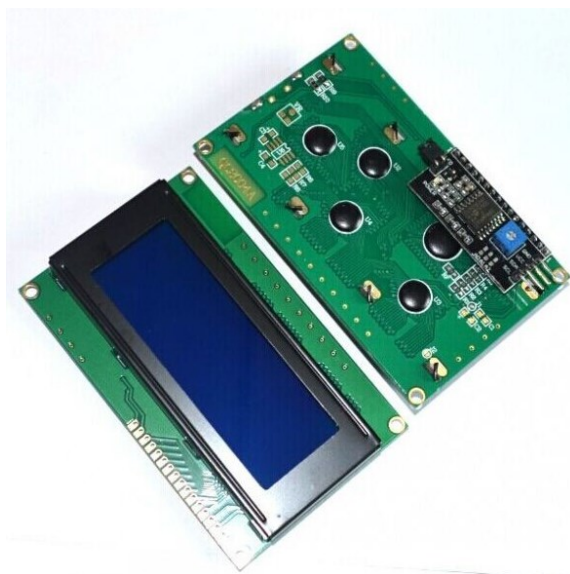
Obrázek 5: Vývojová deska Arduino MEGA

2.2 Moduly a rozšíření

Pro tento projekt bylo použito několik modulů, které lze volně koupit a následně překresleny na vlastní základní desku. Zde je popis jednotlivých modulů a způsob připojení k vývojové desce.

2.2.1 LCD 20x4 displej

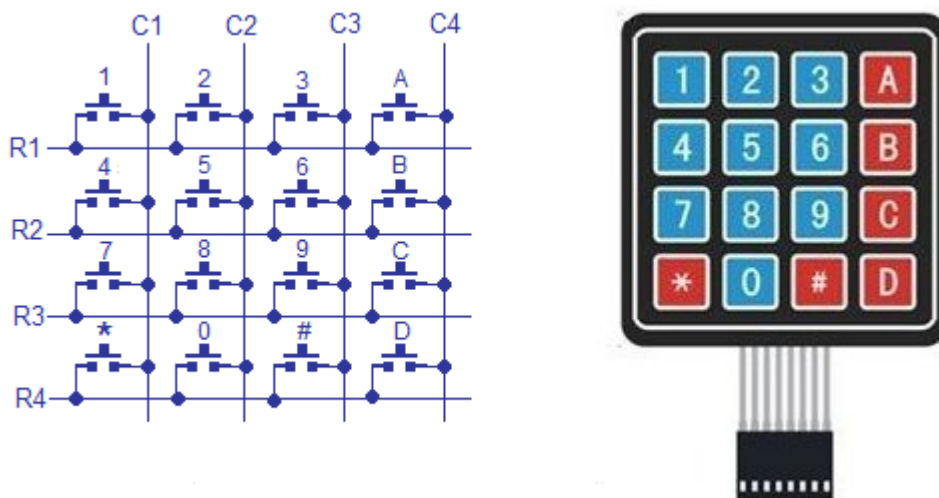
Zobrazovací jednotka komunikující na sběrnici I2C obsahující 20x4 znaků zobrazena na obrázku č.6 je složena z displeje samotného pracujícím na 5V logice a řídicího převodníku komunikujícím přes I2C sběrnici. Pro tento modul existuje již vytvořená knihovna „LiquidCrystal“ dostupná volně ke stažení. Tato knihovna obsahuje vše potřebné k zobrazení všech potřebných znaků a ovládání displeje. Dostupnost znakové sady závisí na verzi displeje neboli lokalizaci. Existují zde základní tři lokalizace a to evropa, rusko, čína a následně jejich variace. Jsou zde i volné paměťové místa kde je možné navolit vlastní znaky. Knihovna dále podporuje ovládání podsvícení, mazání celého displeje, blikání kursoru, aktivace podsvícení. Intensitu zobrazení je ale nutné navolit ručně otočným potenciometrem pro nastavení optimálního kontrastu.



Obrázek 6: Displej

2.2.2 Maticová klávesnice

Pro snadné ovládání je použita 4x4 maticová klávesnice určena pro Arduino. Na obrázku č. 7 je zobrazeno zapojení tlačítek klávesnice na výstupní piny a vzhled klávesnice. Knihovna je opět volně stažitelná a obsahuje prvky pro vyčítání znaků v několika možných způsobech. Zachytávání kláves v programu lze cyklickým vyčítáním nebo formou přerušení pokud jsou piny kláves připojeny na přerušovací vstupy.



Obrázek 7: Maticová klávesnice

2.2.3 Rotační enkodér

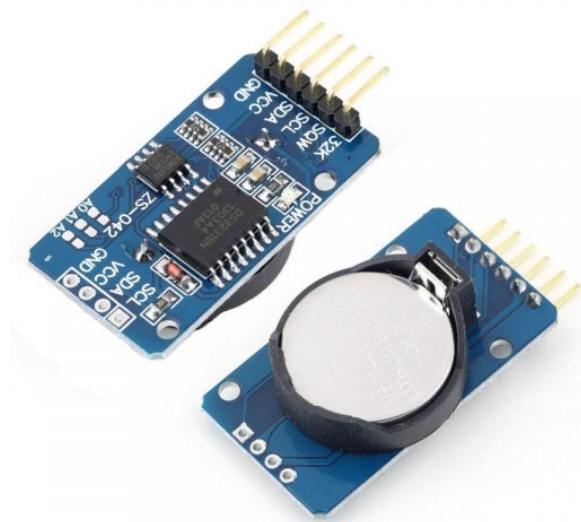
Další z řady ovládacích prvků je rotační enkodér umožňující snadné navolení hodnoty s potvrzením. Viz obrázek č.8. Je to součástka udávající informaci o otáčení a také směru. Zároveň obsahuje tlačítko reagující na stisk celé osy enkodéru. Enkodéry se vyrábí v různých verzích podle počtu pulzů na otáčku. Zde je vybrán nejpoužívanější a prověřený model s 30ti pulsy na jedno otočení. Výhodou je neomezenost otočení v jednom směru. Princip zachytávání směru otáčení závisí na metodě použité v programu. Je zde možnost detekce náběžné nebo sestupné hrany prvního výstupu a porovnání s druhým výstupem nebo obráceně. Podle toho o jaký princip se jedná, závisí následné rozhodnutí o finálním směru. Je zde potřeba uchovávat informace o předchozích stavech v závislosti jak rychle se očekává otáčení.



Obrázek 8: Rotační enkodér

2.2.4 Modul reálného času

Modul reálného času neboli RTC (Real Time Clock) na obrázku č. 9 slouží k uložení časové informace pro případ výpadku napájení nebo pro přesné udržení času. Tento modul je podpořen záložní baterií umožňující udržení informace času. Komunikuje prostřednictvím I2C.



Obrázek 9: Modul reálného času

2.2.5 Relé modul

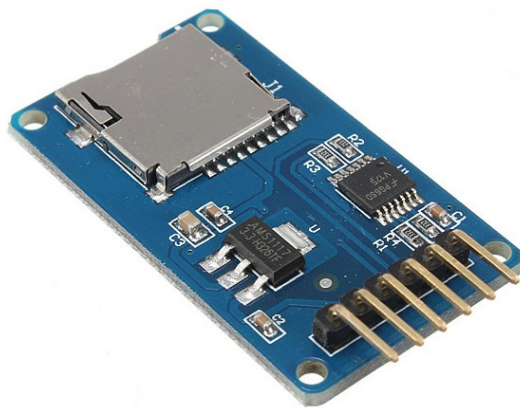
Pro spínání až 230V 10A síťového napětí. Je vyráběn v několika variantách podle počtu relé a to 1,2,4,8 relé. Pro ochranu je použito optočlenů. Napájení ovládací části je 5V a pro sepnutí relé je zapotřebí přivést na daný vstup 5V. Na obrázku č. 10 je zobrazen modul ve variantě s osmi relé.



Obrázek 10: Relé modul

2.2.6 Čtečka paměťových karet

Pro čtení a zápis paměťové karty je zapotřebí napětí 3,3V a propojení SPI sběrnice. Pro Arduino je připravena knihovna umožňující základní operace s textovými soubory a složkami. Je zde zápis / čtení, vytvoření / smazání složky či textového souboru a vyčtení informací o kartě. Na obrázku č. 11 je zobrazen modul pro připojení mikro SD karty kompatibilní s Arduinem.

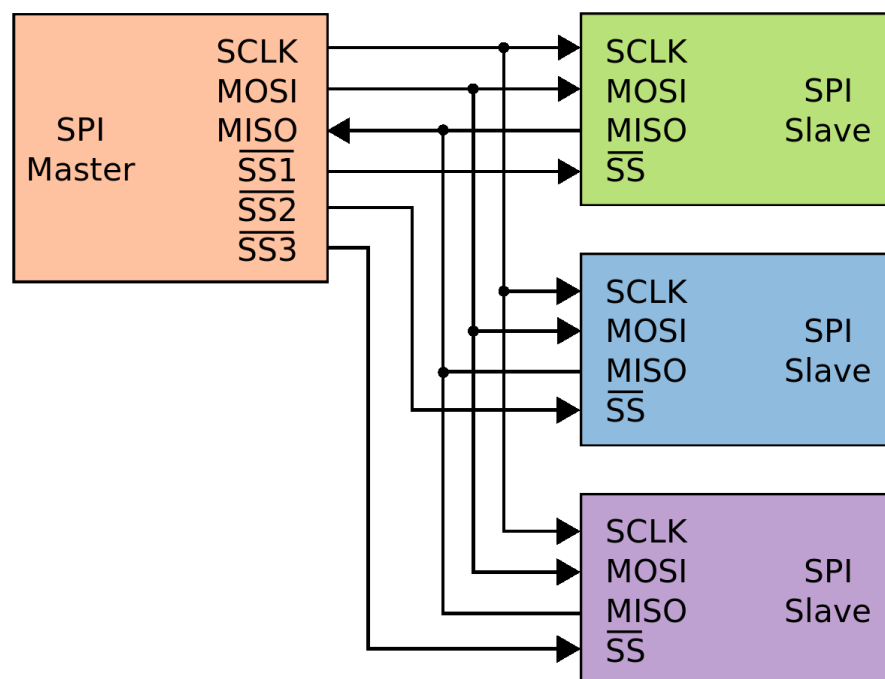


Obrázek 11: Čtečka mikroSD karet

2.2.7 Rozhraní SPI

Rozhraní SPI (Serial Peripheral Interface – sériové periferní rozhraní), které je také označuje jako Microwire, je synchronní rozhraní se čtyřmi vodiči se samostatnými linkami pro vstupní a výstupní data. Slouží pro programování mnoha typů mikročipů s programovatelnou logikou, které se používají v různých modulech počítačů a periférií. Hodinová frekvence přenosu může dosahovat 5 MHz (v závislosti na připojených zařízeních). Během každého hodinového impulsu lze zároveň posílat i přijímat data.

Rozhraní je připojeno pomocí tří základních a zároveň povinných signálů. SCK (Serial Clock – sériové hodiny) slouží jako synchronizační signál pro vzorkování jednotlivých bitů komunikace. MOSI (Master Output Slave Input) pro data jdoucí z vedoucího zařízení do podřízeného. MISO (Master Input Slave Output) pro data jdoucí z podřízeného do vedoucího zařízení. Navíc lze použitím dalšího signálu SS (Slave Select – výběr podřízeného) nebo CS (Chip Select – výběr čipu) připojit více zařízení, které mají signály MISO, MOSI a SCK společné a těmito signály se aktivuje požadované zařízení se kterým pak probíhá komunikace. Na obrázku č.12 je zobrazeno zapojení mezi jednotkou Master a třemi jednotkami Slave.



Obrázek 12: Blokové znázornění zapojení SPI

2.2.8 Rádiové rozhraní Bluetooth

Bluetooth je standardem pro miniaturní a levné komponenty, které umožňují rádiovou výměnu dat s krátkým dosahem mezi mobilními počítači, mobilními telefony a mnoha jinými přenosnými zařízeními. Standard vyvinula skupina významných telekomunikačních, počítačových a síťových společností – 3Com, Agere Systems, Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia a Toshiba, které kvůli prosazení této technologie na trhu vytvořily organizaci Bluetooth Special Interest Group (speciální zájmová skupina Bluetooth).

Každé zařízení Bluetooth obsahuje rádiový vysílač a přijímač, které pracují ve frekvenčním rozsahu 2,4 GHz. Ve většině zemí je toto frekvenční pásmo přiděleno k průmyslovým, vědeckým a zdravotnickým účelům a nevyžaduje získávání licencí. Díky tomu jsou zařízení univerzálně použitelná. Rozhraní Bluetooth pracuje s rádiovými kanály s diskrétní (binární) frekvenční modulací. Nosná frekvence kanálů je $F = 2\,402 + k$ (MHz), kde $k = 0, \dots, 22$. Kódování je jednoduché: logickou jedničku představuje kladná frekvenční odchylka, logickou nulu záporná frekvenční odchylka. Vysílače jsou k dispozici ve třech výkonostních třídách s maximálním výkonem 1 mW, 2,5 mW a 100 mW. Musejí také nabízet možnost nízké spotřeby kvůli šetření energií.

Linky SCO (Synchronous Connection-Oriented – synchronní orientované na propojení, neboli izochronní) slouží k přenosu izochronního toku dat (např. digitálního zvuku). V těchto linkách typu point-to-point je předem určeno vedoucí zařízení a přidružená podřízená zařízení a každá linka má přidělen časový interval (podle počtu úseků), během kterého jsou pro něj úseky rezervovány. Výsledkem jsou symetrické obousměrné linky. Chybové pakety se znovu

nepřenášejí. Vedoucí zařízení může navázat až tři linky typu SCO s jedním nebo několika podřízenými zařízeními. Podřízené zařízení může mít až tři linky k jednomu vedoucímu zařízení nebo po jedné lince ke dvěma dalším podřízeným zařízením. Z hlediska kritérií klasifikace sítí spadají připojení typu SCO do kategorie s přepínáním obvodů. (1)

Linky ACL (Asynchronous Connection-Less – Asynchronní bez propojení) zajišťují přepínání paketů pomocí schématu „point-to-multipoint“ mezi vedoucí jednotkou a všemi podřízenými jednotkami pikosítě. Vedoucí zařízení může připojit libovolné podřízené zařízení pikosítě v časových úsecích nepoužitých pro připojení SCO tak, že mu odešle paket a požádá o odpověď. Podřízené zařízení může vysílat pouze tehdy, je-li adresováno vedoucí jednotkou (po správném dekodování jeho adresy). Pakety většiny typů lze znovu vysílat v případě chyby příjmu. Vedoucí jednotka může také poslat pakety bez adresy při rozhlašování všem podřízeným zařízením ve své pikosíti. Vedoucí jednotka může navázat pouze jednu linku typu ACL s každou ze svých podřízených jednotek.

Informace se odesílají v paketech, jejichž datová pole mohou mít délku od 0 do 2745 bitů. Pro linku ACL je k dispozici několik typů doplňků pro ochranu pomocí kontrolních součtů CRC (je zabezpečen opakovaný přenos dat při detekci chyby) a jedna varianta bez ochrany (žádné opakované přenosy). V případě linky SCO nejsou data chráněna kontrolními součty CRC. Z toho vyplývá, že opakované přenosy nejsou k dispozici.

Prevence zkreslení dat a kontrola jejich integrity probíhá několika způsoby. Data v některých typech paketů jsou chráněna kontrolním součtem CRC a příjemce informací musí potvrdit příjem správného paketu nebo oznámit chybu příjmu. Kvůli snížení počtu opakování přenosů se zavádí redundantní kódování FEC (Forward Error Correction – dopředná chybová korekce).

U kódování FEC 1/3 je každý datový bit odeslán třikrát. To znamená, že jako nejpravděpodobnější verzi lze vybrat tu, která převažuje. Schéma FEC 2/3 je složitější. Pracuje s Hammingovým kódem, který umožňuje opravit všechny výskyty chyb jediného bitu a detekovat všechny případy dvojité chyb v každém 10bitovém bloku.

Kvůli zajištění bezpečnosti pracuje rozhraní Bluetooth s ověřováním dat na linkové úrovni. Tyto možnosti lze doplnit na vyšších úrovních protokolu

Asynchronní kanál může poskytnout maximální přenosovou rychlost 723,2 kb/s v asymetrické konfiguraci (s ponecháním pásma 57,6 kb/s pro zpětný kanál) nebo 433,9 kb/s každým směrem v případě symetrické konfigurace.

Důležitou součástí je rozhraní Bluetooth je protokol SDP (Service Discovery Protocol – protokol zjišťování služeb), díky kterému může zařízení vyhledat služby na jiných zařízeních Bluetooth. Po navázání spojení může zařízení začít používat potřebné služby (např. tisknout dokumenty na tiskárnu, připojit se k webu atd.).

Protokol RFCOMM poskytuje emulaci sériového portu (RS232 s 9 vodiči) přes L2CAP. Rádiové spojení může snadno nahradit tradiční kabelová propojení zařízení (včetně nulového modemu). Přitom není nutné nijak měnit software na vyšší úrovni. Protokol také nabízí vícenásobná připojení (jedno zařízení s mnoha zařízením) a rádiové spojení nahradí nepraktické a drahé multiplexory a kabely. (1)

2.3 Zařízení Android

Android je rozsáhlý operační systém vytvořený společností Google, založený na open source platformě, tedy jedná se o počítačový software s otevřeným zdrojovým kódem. Na obrázku č. 13 je zobrazeno oficiální logo androidu. Slova „otevřený kód“ zde reprezentují snadnou dostupnost, a to jak technickou, tak licenční. Jinak řečeno, uživatel může systém při splnění jistých podmínek využívat zadarmo a tato licenční politika mu také umožňuje přistoupit ke zdrojovým kódům, které následně využívá nebo upravuje podle svých potřeb. OS je založen na Linuxovém jádře 2.6, které zajišťuje zabezpečení systému jako celku, správu paměti, správu procesů, přístup k síti a ovladačům všech vnitřních senzorů a komponent. Jednotlivé aplikace k funkcím jádra nepřistupují přímo, ale prostřednictvím Android API.

Android je tedy progresivní operační systém primárně vyvíjen jako platforma převážně pro PDA, tablety a tzv. chytré telefony. Byl postaven od základu, který umožní vývojářům vytvářet působivé mobilní aplikace, jež mohou plně využívat všech vlastností, které telefon nabízí, jako např. základní funkce telefonu (obsluha telefonních hovorů, posílání textových zpráv (SMS), nebo využívání fotoaparátu). Takto vybudovaný systém umožňuje vývojářům vytvářet bohatší a soudržnější zážitky pro uživatele. Android je postaven na otevřeném jádře Linux a používá vlastní virtuální stroj, který byl navržen tak, aby optimalizoval paměť a hardwarové prostředky v mobilním prostředí. Tato platforma se bude dále vyvíjet, protože vývojářská komunita pracuje společně na vytváření inovativních mobilních aplikací. (2)



Obrázek 13: Android logo

2.4 Vývojové nástroje a prostředí

Aplikace mohou být testovány na skutečném zařízení opatřeném operačním systémem Android nebo v jeho emulátoru. Závěrečné testy aplikace je nutné testovat na skutečném zařízení, pro které je aplikace určena. Znamená to, že je nutné pro profesionální tvorbu vlastnit více zařízení různých výrobců s rozdílnými parametry pro které musíme aplikaci přizpůsobit a ošetřit možné problémy s nekompatibilitou jako je například malé rozlišení displeje popřípadě nedostupnost modulů Bluetooth nebo Wi-fi.

Pro programování aplikací pro Android používáme tyto nástroje:

- Java Development Kit (JDK)
- Android Software Development Kit (SDK)
- Vývojové prostředí Eclipse
- Android Development Tool (ADT)

2.4.1 Java Development Kit (JDK)

Java Development Kit (JDK) je soubor základních nástrojů a knihoven pro vývoj aplikací a apletů pro platformu Java.

Základní součástí JDK je Java Runtime Environment (JRE), jež slouží pro spouštění aplikací i vývojových nástrojů, dále překladač, debugger atd. Jelikož se aplikace pro Android programují v jazyce Java, je potřeba JDK, respektive JRE nainstalovat. Tuto knihovnu lze bezplatně stáhnout. (2)

2.4.2 Software Development Kit (SDK)

Software Development Kit (SDK) je balíček vývojových nástrojů, který umožňuje vytvářet aplikace pro určité operační platformy nebo herní konzole. SDK ve svém nitru obsahují knihovny API, dokumentaci, ukázky využití spolu se zdrojovými kódy atd. Android SDK obsahuje navíc nástroje pro vývoj a ladění aplikací a v nepodstatné řadě také emulátor – virtuální mobilní zařízení fungující na počítači. (2)

2.4.3 Vývojové prostředí Eclipse

Pro programování aplikací Android postačí klasický textový editor, či jakékoli prostředí umožňující programovat v Javě (Java IDE), jako například NetBeans, Oracle JDevelopment, BlueJ nebo Eclipse.

Eclipse je primárně určen pro programování v jazyce Java. Jeho nespornou výhodou oproti ostatním vývojovým prostředím je snadná rozšiřitelnost o podporu dalších programovacích jazyků, nebo o vizuální nástroj pro tvorbu graficko-uživatelského rozhraní. Všechny tyto doplňky se do Eclipse doinstalují pomocí instalace příslušných pluginů. Eclipse po základní instalaci obsahuje pouze standardní vývojové nástroje pro Javu (debugger, kompilátor, aj.) a povýšení této platformy na vývojové prostředí Android provedeme instalací (nastavením) pluginu Android SDK. Tímto se získá emulátor, který umožní testovat aplikace bez nutnosti vlastnit fyzické zařízení s OS Android. (2)

2.4.4 Android Development Tool (ADT)

Důležitá součást pro správnou funkčnost a nastavení vývojového prostředí, které usnadní samotný vývoj aplikací. Pro potřeby vývoje pro Android je nutné propojit prostředí Eclipse s Android SDK. Propojení je reprezentováno pluginem Android Development Tool (ADT), jenž rozšiřuje možnosti Eclipse a umožňuje tím rychlou tvorbu Android projektů. Pomocí ADT programátor obdrží výkonné integrované prostředí s editorem vizuálních aplikací, vlastními XML editory, ladícími panely a tvorbou APK balíčků pro distribuci aplikace. (2)

2.5 LIN sběrnice

Sběrnice LIN je sériová asynchronní sběrnice používající ke komunikaci jednovodičové spojení připojených zařízení. Je navržena pro použití v automobilové technice s ohledem na minimální cenové náklady spojené s její aplikací.

Nemá za cíl nahradit v automobilech dnes hojně používanou spolehlivou, robustní a rychlou sběrnici CAN, ale má pokrýt množinu aplikací, pro které je použití sběrnice CAN přílišným luxusem, nebo zatím nebyly z cenových důvodů napojeny na elektronický řídicí systém automobilu. Cena vynaložená na propojení s lokální sítí automobilu má být 2 až 3 nižší ve prospěch LINu.

To, že v dnešní době jsou vyvíjeny aplikace sběrnice LIN především pro automobilový průmysl neznámá, že by tato sběrnice nemohla proniknout do jiných oblastí jako třeba automatizační technika, měřicí technika nebo i spotřební (bílá) elektronika.

Současné aplikace vycházejí převážně z oblasti automobilového průmyslu. Jedná se především o ovládání a polohování zrcátek, stahování oken, ovládání zámků dveří a střešního okna, polohování sedadel, ovládání klimatizace, stěračů nebo osvětlení. LIN zde realizuje propojení čidel, ovladačů, akčních členů a indikátorů. Tyto jednotky pak mohou být jednoduše napojeny na síť automobilu a stávají se dostupné pro všechny typy diagnostiky při servisních pracích.

2.5.1 Vlastnosti

Jedná se o sběrnici typu single-master/multiple-slave, kde jedno řídicí zařízení kontroluje komunikaci s jedním nebo více podřízenými zařízeními. Jednotlivá napojení na jednovodičovou sběrnici tvoří drátový AND a komunikace probíhá maximální přenosovou rychlostí až 20 kbit/s.

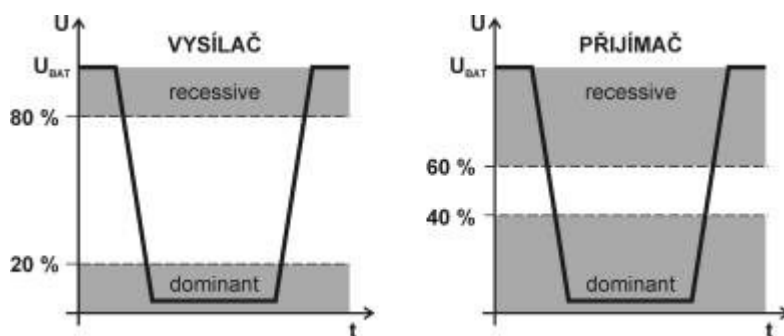
Ke generování komunikace lze použít hardwarových a softwarových prostředků běžného UART/SCI interface, přičemž podřízené jednotky (slave) nepotřebují k činnosti přesný krystalový generátor hodin, ale vystačí např. s RC oscilátorem. Synchronizaci pro komunikaci totiž provádí řídicí zařízení (master) na začátku každé komunikace. Výše zmiňované vlastnosti mají příznivý vliv na cenu komunikačních komponent a umožňují tak snížit cenu i celých jednotlivých zařízení.

Koncepce budičů sběrnice vychází ze standardu ISO 9141 s vylepšeními v oblasti EMC. Data jsou zabezpečena kontrolním součtem. Hlavička je zabezpečena dvojicí paritních bitů.

2.5.2 Fyzická vrstva

Princip sběrnice LIN je v použití jednoho vodiče pro obousměrnou komunikaci pomocí realizace funkce logického součinu prostřednictvím spínačů a rezistorů zapojených na LIN sběrnici v každém připojeném zařízení. Jsou definovány dvě vzájemně komplementární hodnoty stavů na sběrnici a to dominant a recessive. Velikosti a rozsah jednotlivých úrovní jsou vztaženy relativně k palubnímu napětí v automobilu generovanému akumulátorovou baterií 12V.

Hodnoty těchto úrovní jsou ukázány na obrázku č. 14. Spínače při sepnutí spojují sběrnici se zemí, a stačí aby byl sepnut alespoň jeden z nich a sběrnice přejde do stavu dominant, což představuje stav logické nuly. Rezistory zapojené mezi napájecí napětí a sběrnici pak na ní udržují, pokud není žádný spínač sepnutý, stav recessive, tedy logickou jedničku.



Obrázek 14: Rozhodovací úrovně vysílače a přijímače

Vodiče VBAT a GND slouží k napájení budiče i vlastního zařízení. Pro případ přerušení dodávky napájecího napětí do zařízení připojeného na sběrnici jsou rezistory definující stav recessive zapojeny v sérii s ochranou diodou. Ta zabrání nedefinovanému napájení jednotky po vodiči LIN sběrnice.

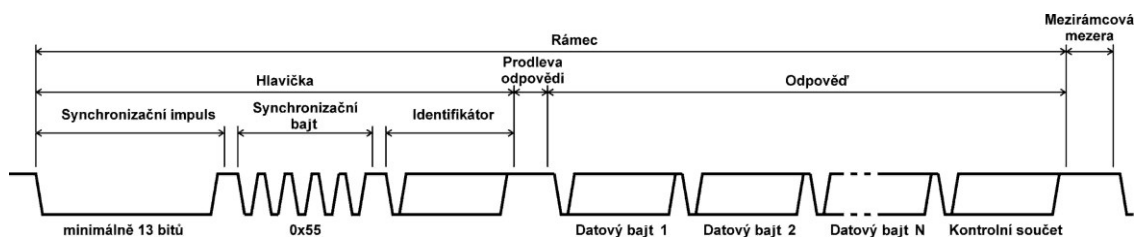
Obecně jsou budiče sběrnice LIN konstruovány tak, aby byly odolné proti různým poruchovým stavům, které se mohou vyskytnout. Velikosti těchto rezistorů mají jmenovitou

hodnotu 30 k Ω . Maximální počet zařízení připojených na sběrnici je teoreticky omezen jen počtem volných identifikátorů.

Ve skutečnosti je však nutné brát zřetel na elektrické požadavky, které počet striktně omezují. Maximální počet zařízení připojených na sběrnici by neměl překročit 16. Aby se s počtem připojených budičů razantně neměnila velikost výsledného odporu připojující sběrnici na napájecí napětí, je definováno, že u zařízení typu master, které je na sběrnici vždy jen jedno, je kromě interního rezistoru, zapojen navíc externí rezistor o hodnotě 1 k Ω . Z toho též vyplývá, že budiče sběrnice (integrované obvody) jsou pro master a slave stejné a liší se právě jen externími součástkami. Pro zvýšení odolnosti proti elektromagnetickému rušení se paralelně k vývodu LIN budiče připojují kondenzátory, někteří výrobci dokonce doporučují dolní propusti prvního (RC) nebo druhého řádu (LC). Maximální celková kapacita sběrnice 10 nF, ale nesmí být překročena. Maximální délka sběrnice je udávána 40 m.

2.5.3 Formulace zprávy

LIN používá jednotný formát rámce zprávy, který slouží k synchronizaci, adresaci uzlů a k výměně dat mezi nimi. Formát rámce zprávy je na obrázku č. 15. Řídící jednotka (master) začíná komunikaci, určuje přenosovou rychlost a vysílá hlavičku rámce zprávy. Ostatní jednotky, ale i jednotka master mohou vysílat odpověď složenou z datových bajtů a kontrolního součtu. Hlavička začíná synchronizačním impulsem a následným synchronizačním polem. Toto pole slouží k zasynchronizování podřízených jednotek (slaves) na bitovou rychlost jednotky master. Tyto jednotky tak vystačí s jednoduchým zdrojem časové základny v podobě RC oscilátoru, což má kladný vliv na cenu jednotek slaves.

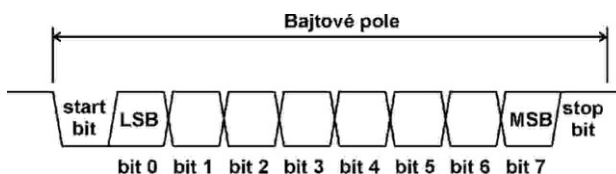


Obrázek 15: Formát zprávy

Pro komunikaci lze použít maximální přenosovou rychlost 20 kbit/s, která představuje horní limit při použití jednodrátového přenosového vedení vzhledem k EMI. Minimální přenosová rychlost je stanovena na 1 kbit/s z důvodu předcházení problémům s praktickou implementací time-out period. Aby se usnadnila implementace do levných LIN zařízení, jsou k použití doporučeny 3 přenosové rychlosti:

- Slow – 2400 bit/s
- Medium – 9600 bit/s
- Fast – 19200 bit/s

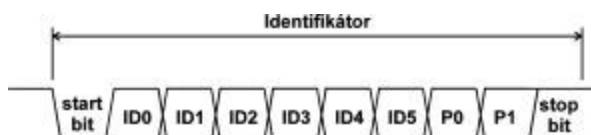
Jako zdroj signálu pro komunikaci lze použít standardní UART interface s bajtovým polem. Viz obrázek č. 16. Jediná výjimka z 8N1 módu komunikace je synchronizační impuls, který vysílá pouze master. Doba trvání tohoto impulsu odpovídá vyslání minimálně 13 bitů a je většinou generován softwarově. Tento vzor je jednoznačně identifikovatelný, protože jeho délka je větší než jakákoliv standardní sekvence na sériovém kanále. Začátek zprávy je tak bezpečně rozpoznatelný a poskytuje podřízeným jednotkám dostatek času pro zachycení komunikace na sběrnici v libovolném stavu podřízené jednotky.



Obrázek 16: Základní bajtové pole

Posledním blokem hlavičky je identifikační pole. Tento identifikátor v sobě nese informaci o odesílateli, příjemci či příjemcích a délku datové části. Je zabezpečen pomocí dvou paritních bitů a to bitu 6 a bitu 7. Jejich hodnoty jsou získány jako XOR kombinace významových bitů identifikátoru.

Posledním blokem hlavičky je identifikační pole na obrázku č. 17. Vlastní datová část přenosu je pak zabezpečena invertovanou hodnotou součtu s přenosem přes tyto bajty. V nové verzi LIN protokolu je pak možnost započítat do tohoto součtu ještě i bajt identifikátoru a tím dále zvětšit zabezpečení přenosu proti chybám.



Obrázek 17: Rozmístění bitů identifikátorů

Z uvedeného vyplývá, že je možné rozlišit kombinace 6-ti bitů tedy 64 různých identifikátorů. Ty se pak dělí do několika kategorií podle významu a použití.

- 0 – 59 (0x00 – 0x3B) – pro přenos obecných dat
- 60 – 61 (0x3C – 0x3D) – pro přenos diagnostických dat
- 62 (0x3E) – rezervováno pro uživatelem definovaný rámec
- 63 – rezervováno pro budoucí použití

3 POPIS TESTOVANÉHO SVĚTLOMETU

Prvním a současným profilem pro testování je profil pro přední světlomet Ford Focus u kterého je potřeba zajistit testování a ovládání během vývoje, homologací a testů na zkušebnách. Požadavky na program jsou ze strany vývoje optiky, elektroniky a mechaniky. Každé odvětví potřebuje specifický profil nebo kombinaci profilů pro zajištění rychlého vývoje a ověření funkcí.

Obsahem světlometu jsou krokové motory a LDM (Led Driver Module) komunikující s testovacím boxem prostřednictvím LIN sběrnice. Každý motor má svou adresu na daném setu světlometů jedinečnou. LDM má stejnou adresu pro obě strany světlometů a reaguje na stejnou zprávu. U LDM lze tedy připojit více modulů na jednu sběrnici, ale znamená to, že LDM nebude odpovídat a vracet vyžadované hodnoty ale jen poslouchat příkazy co má udělat. Toto je z důvodu samotné koncepce LIN sběrnice kde může být pro každé zařízení na sběrnici jedinečná adresa.

3.1 Krokové motory

Krokové motory jsou řízeny řadiči komunikujícími po LIN sběrnici a jsou připojeny přímo na cívky krokových motorů. Tyto řadiče mají ve své paměti adresu a informace o nastavení, které se do této paměti zapíše při sestavování světlometu. Jak již bylo zmíněno každý má svou adresu a tedy na jednom setu světlometů máme šest adres. Celkově tyto motory tvoří funkci AFS adaptivního světlometu pro zamezení oslnění a přisvícení do zatáčky. Zároveň touto funkcionalitou zajišťuje vyšší komfort a dovoluje použít ve světlometech vyššího světelného toku.

3.1.1 Bending

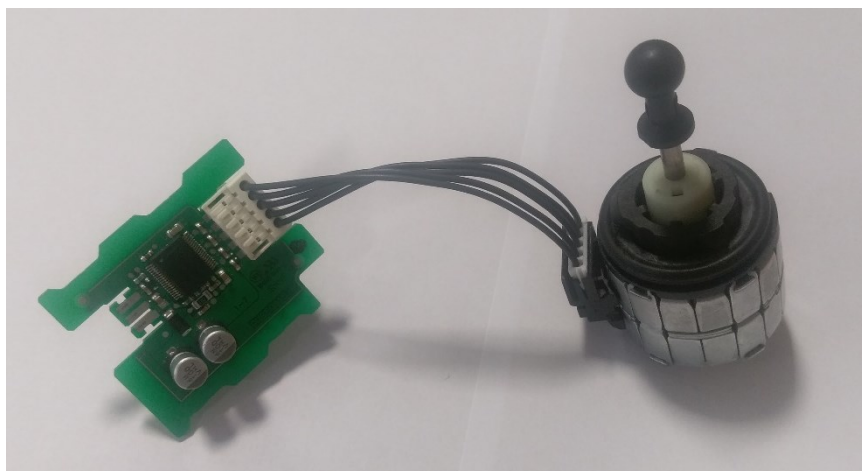
Prvním krokovým motorem je Bending na obrázku č. 18, tento motor slouží pro natáčení projektoru do stran a tím zajišťuje přisvícení do stran. Po startu probíhá reference, která uvede světlomet do základní polohy nalezením senzoru implementovaného uvnitř motoru. Následně se pootočí do požadované hodnoty a automobil přesně ví, kde světlomet svítí a jestli není nějaká chyba. Motor automaticky udržuje poslední požadovanou polohu a periodicky hlásí chybové stavy. V případě poruchy způsobené kolizí ve světlometu kde projektor začne narážet do okolních komponent světlometu nebo jiné poruchy motor ohlásí ztrátu kroků a podle závažnosti se provede pohyb do nouzové polohy která je definována tak aby světlomet nemusel zhasnout ale, aby zároveň nikoho neoslňoval. Pokud světlomet do takové fáze přejde je uživatel nucen navštívit servis.



Obrázek 18: Bendingový motor

3.1.2 Leveling

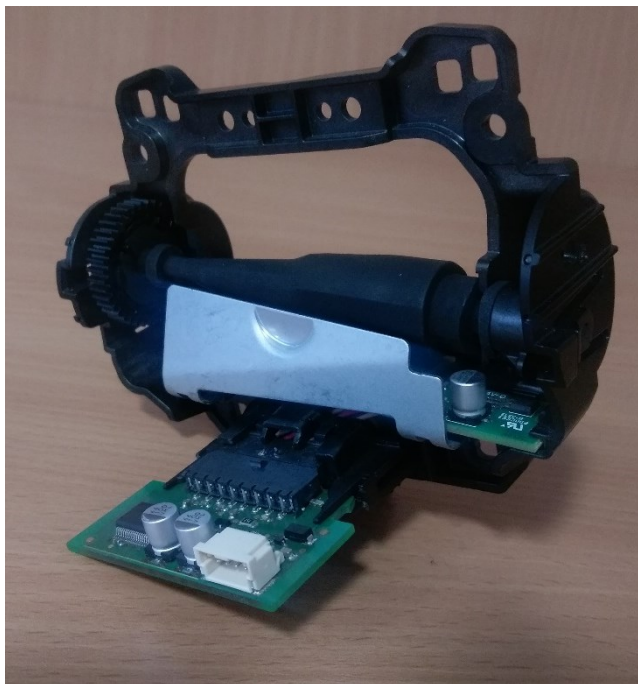
Druhým je Leveling na obrázku č. 19, který slouží k automatické korekci projektoru v horizontálním směru pomocí senzorů na nápravě, kdy podle náklonu velice rychle dorovná světlomet do požadované výšky svícení k zamezení oslnění. Komunikace a princip oznamování chyb a nouzová poloha je obdobná jako u předchozího motoru. V tomto případě se v nouzové situaci pohybuje motor tak aby projektor namířil na definovanou polohu směrem dolů. Ostatní motory současně také podle závažnosti provedou potřebné pohyby.



Obrázek 19: Levelingový motor

3.1.3 Multifunkční clona

Posledním typem je multifunkční clona na obrázku č. 20, která ořezává světelný paprsek projektoru a tím definuje funkci svícení mezi funkcemi dálkového svícení, tlumené funkce nebo obsahuje ořez splňující jízdu například v Anglii kde je ořez opačný. Tento motor je ze všech tří nejdůležitější z důvodů ořezů, které mají pět poloh. Po referenci je základní poloha nastavena jako potkávací. Při chybě tohoto motoru se všechny motory pohnou do nouzové pozice, protože v případě ztráty komunikace není jisté, jestli tato clona není otočena do pozice dálkové, kde by docházelo k trvalému oslnění.



Obrázek 20: Multifunkční clona

3.2 Simulace řídicí jednotky a testování

Pro možnost testování světlometů je nutné simulovat řídicí jednotku automobilu, kde probíhá specifická cyklická komunikace a řízení pohybů motorů. Profil vytvořený v testovacím boxu obsahuje cyklickou komunikaci obsahující rychlost opakování a po plné aktivaci profilu je zde nastavena sekvence pohybů pro optimální zatížení motorů simulující jízdu ve městě. Tento profil je dále vhodný do teplotních komor a na vibrační zkoušky kde se testuje odolnost světlometu a jeho vnitřních částí na daný počet cyklů vytočení jednotlivých motorů, který je definován v testovacím plánu zákazníka.

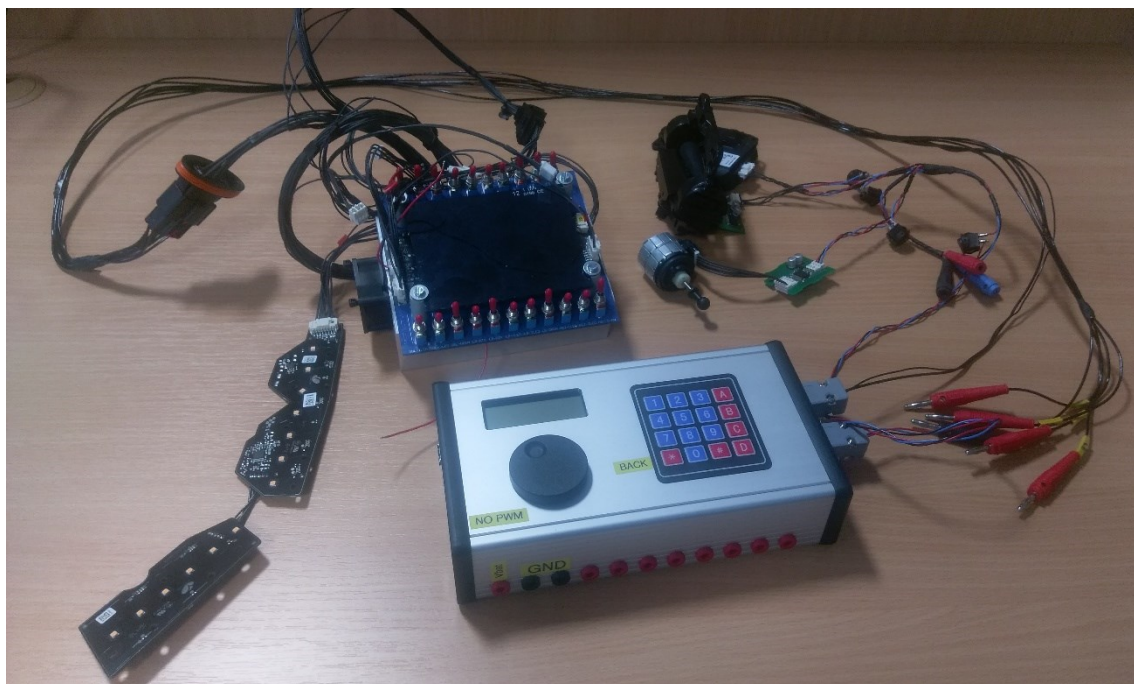
V případě tohoto světlometu se k motorům přidává i LDM, která také v daných intervalech aktivuje světelné funkce a hlásí status světelných funkcí s informací proudu a teploty na jednotlivých funkcích pokud je obsahuje.

Během testu se z komunikace získávají chybové stavy, které jednotlivé řadiče poskytují a ukládají se. Podle druhu testu se pak test při chybě zastaví nebo se chyba automaticky resetuje a pokračuje, pokud se jedná o zátěžový test na daný počet cyklů. Do souboru se ukládají data o času, čísle cyklu a o jakou chybu se jednalo pro pozdější vyhodnocení.

Vyhodnocení se pak skládá z ohodnocení funkčnosti, jestli světlomet nebo jeho části odolaly nepříznivým podmínkám a jestli bylo nutné v průběhu testu něco opravovat. Dále je zde pravidelná kontrola v průběhu testu, kde se pozoruje hluk vydávaný při pohybu a měří se základní veličiny jako napětí a proud, který světlomet odebírá. V případě překročení limitů se provede vyhodnocení, jestli se test nechá pokračovat nebo se světlomet vymění a aktuální se vyhodnotí, kde vznikla chyba.

3.2.1 Testovací set

Pro testování a vývoj SW pro testovací box byl vytvořen speciální set obsahující všechny komponenty světlometu zobrazen na obrázku č. 21. Tento set byl navrhnut tak, aby dokázal simulovat chybové stavy jednoduše a s možností navrácení do funkčního stavu bez skutečného poškození. Na kabeláže motorů byly zapojeny vypínače pro vypnutí napájení a odpojení komunikace. Pro projektor je zde plošný spoj obsahující stejné LED diody jako skutečný projektor s tím rozdílem, že zde lze zkratovat jednotlivé diody a testovat tak testovací box i LDM, která musí sama o sobě na chybu upozornit.



Obrázek 21: Testovací set

4 NÁVRH TESTOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

V současné době kdy jsou vyžadovány nové technologie tam, kde to ještě před několika lety potřeba nebylo, nastává problém implementace testerů určujících správnou funkčnost každého dílu použitých při testování a homologacích každého výrobku. Tato práce se zabývá technologiemi použitých v automobilovém průmyslu, kde jsou požadavky na bezporuchovost a správnou funkčnost klíčové pro bezpečný silniční provoz

4.1 Požadavky

Základní požadavky pro testovací zařízení na míru byly zaměřeny na možnost použití ve více odvětvích vývoje světlometů, kde se počítá s obsluhou, která nemusí mít přehled o technologii, které světlomet obsahuje. Základními schopnostmi zařízení je jednoduchá ovladatelnost, částečná korekce poruchy resetem zařízení bez nutnosti zásahu, vypsání problému.

Seznam požadavků na HW:

- Ovládání
 - Klávesnice
 - Rotační enkodér
 - Mobilní zařízení
- Zobrazení stavu
 - Displej 20x4 znaků
 - Mobilní zařízení
- Komunikační kanály a výstupy
 - 2x LIN
 - 8x analogový výstup 16V
- Záznam
 - Vnitřní karta SD pro uchování nastavení
 - USB OTG pro logování testů na Flash disk
- Konstrukce
 - Odolnost proti pádu
 - Kompaktní velikost

Seznam požadavků na SW:

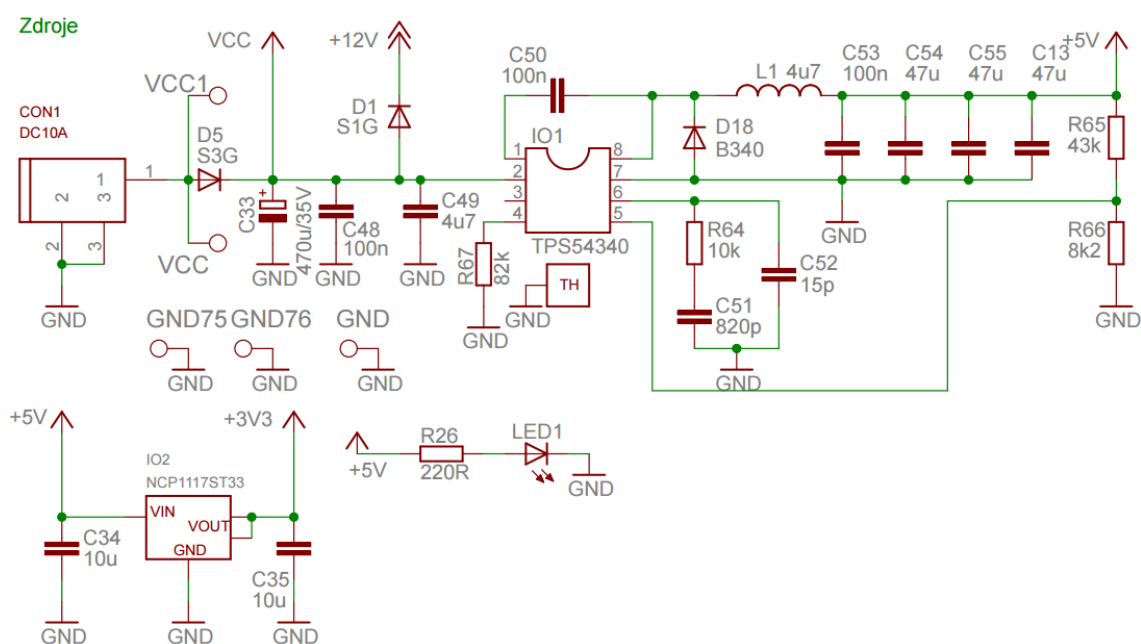
- Jednoduchost ovládání
- Podpora na displeji
- Testovací režim celého světlometu nebo jeho části
- Manuální režim pro ovládání
- Možnost parametrizace světlometu
- Ukládání stavu testu
- Ovládání mobilním zařízením

4.2 Implementace HW řešení

Základní deska je vytvořena v programu Eagle 7.2, který podporuje tvorbu schémat a plošných spojů. Je typu dvouvrstvé FR4 desky plošného spoje na které jsou osazeny všechny moduly. Osazení je jednostranné s výjimkou patice pro Arduino, které se připojuje na piny umístěné ze spodní strany desky. Pro pevné uchycení jsou umístěny otvory určené pro distanční sloupky uchycující Arduino a displej. Pro klávesnici není potřeba žádného přídavného uchycení, protože je umístěna na krytu krabičky a propojena s deskou pomocí flexi kabelu.

4.2.1 Napájecí část

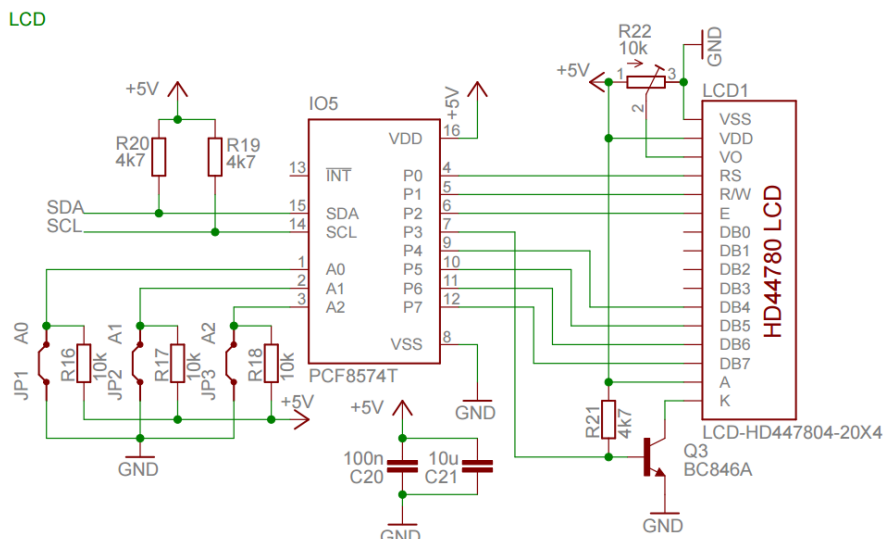
Pro napájecí část jsou zde použity spínané zdroje nastavené na 5V a 3,3V, které poskytují napájení všem modulům tak, aby všechno napájení bylo čerpáno z napájení základní desky a ne z Arduina. Pro napájení Arduina je zde volba napájení 5V nebo 12V, tato volba se v průběhu vývoje zrušila, protože během testování se světlometem je zapotřebí až 16V kde následně dochází k přetěžování stabilizátoru na Arduinu. Základní deska je již vybavena napájecí volbou pro 5V nebo 3,3V Arduino a tedy připravena pro následující verzi rozšířenou o CAN komunikaci. Schéma napájecí části je na obrázku č. 22. Součástí napájecí části je i indikační dioda signalizující připojené napájení. Na desce jsou přídavné prokvy pro přivedení napájení z externího zdroje pomocí jiného konektoru.



Obrázek 22: Hlavní napájecí část základní desky

4.2.2 Řadič LCD displeje

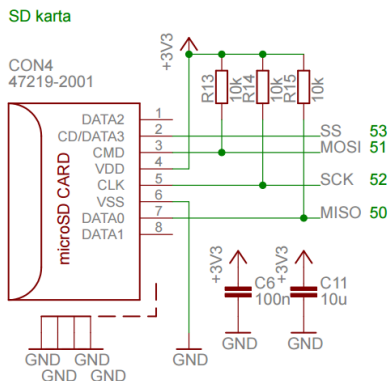
Pro LCD displej je zvolen řadič komunikující po sběrnici I2C z důvodů úspory komunikačních pinů Arduina kde by bylo potřeba nejméně šesti pinů pro samotné ovládání zobrazení bez kontroly podsvícení a dalších funkcí, které jsou obsahem řadiče. Adresa řadiče se lze nastavit pomocí propojení kontaktů A0 až A2. Samotný displej je připojen pomocí šestnácti pinového konektoru zobrazeného na obrázku č. 23 a podpořen čtyřmi distančními sloupky pro pevné a spolehlivé uchycení. Napájení řadiče je 5V.



Obrázek 23: Zapojení LCD řadiče

4.2.3 SD karta

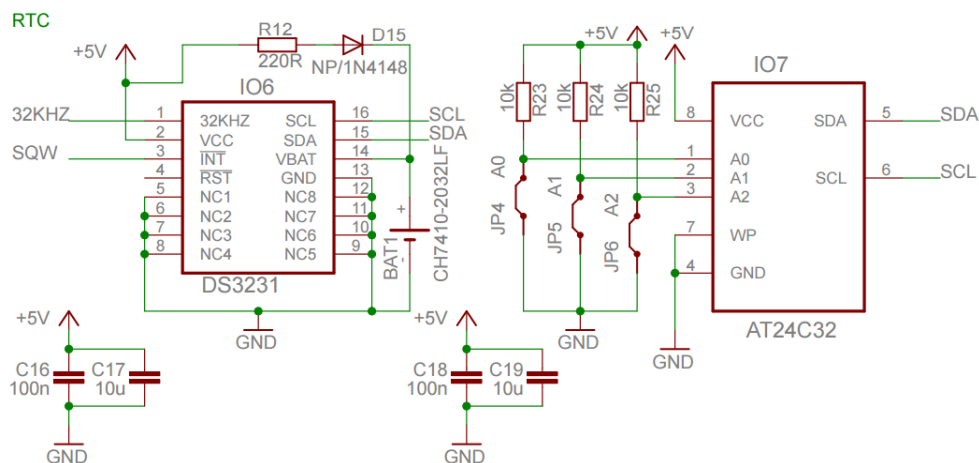
Pro ukládání dat pro profily testování nebo pro krátkodobé logování komunikace je zde osazen konektor pro mikro SD paměťovou kartu. Schéma na obrázku č. 24 zobrazuje připojení karty je na sběrnici SPI kde je nutné připojení zvláštního pinu pro aktivaci volby mezi SD kartou nebo USB OTG modulem. Napájení je zde použito 3,3V, které je pro SD karty předepsané a je pro všechny tyto karty stejné. Díky již zabudovanému zdroji 3,3V v napájecí části není potřeba žádných dalších komponentů.



Obrázek 24: Zapojení SD karty

4.2.4 Modul reálného času RTC

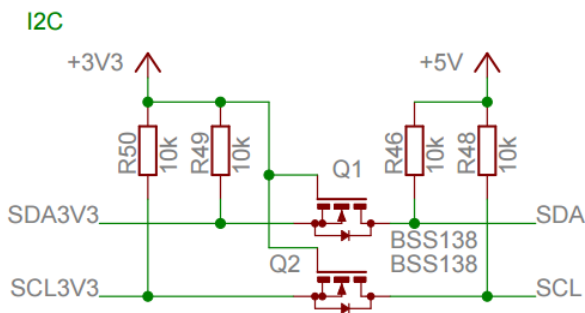
Další modul je obvod zajišťující udržení času v případě výpadku napájení komunikující po sběrnici I2C. Stejně jako pro u LCD řadiče je zde volba adresy pomocí tří pinů, které stačí na desce propojit. Pro zálohu slouží plochá 5V baterie sloužící jen po dobu kdy není hlavní napájení aktivní a napájí jen RTC obvod. Schéma tohoto modulu je zobrazeno na obrázku č. 25. Tento druh modulu je zapotřebí nastavovat pokaždé kdy je vyjmuta záložní baterie. Informace času, které lze uložit jsou hodina, minuta, sekunda, den, měsíc, rok a den v týdnu. Navíc obsahuje možnost nastavení přerušení pro probouzení procesoru, ale tato funkce není použita.



Obrázek 25: Zapojení RTC modulu

4.2.5 Převodník napět'ové úrovně pro I2C

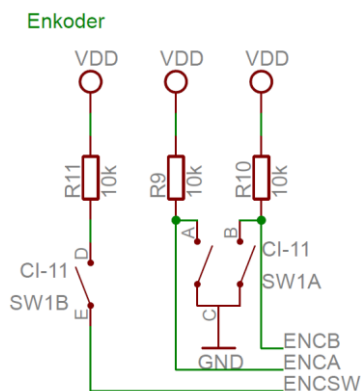
Tento obvod byl vytvořen za účelem propojení vývojové desky Arduino, která má 5V logiku s ostatními moduly. Převodník používá dva mosfet tranzistory na obrázku č. 26 kde na jedné straně zapojení je přivedeno napětí 3,3V a na druhé 5V. Toto zapojení je nutné pro správnou funkčnost všech modulů. V případě použití Arduino DUE se tento obvod vyřadí z provozu.



Obrázek 26: Úrovnňový převodník pro I2C

4.2.6 Rotační enkodér

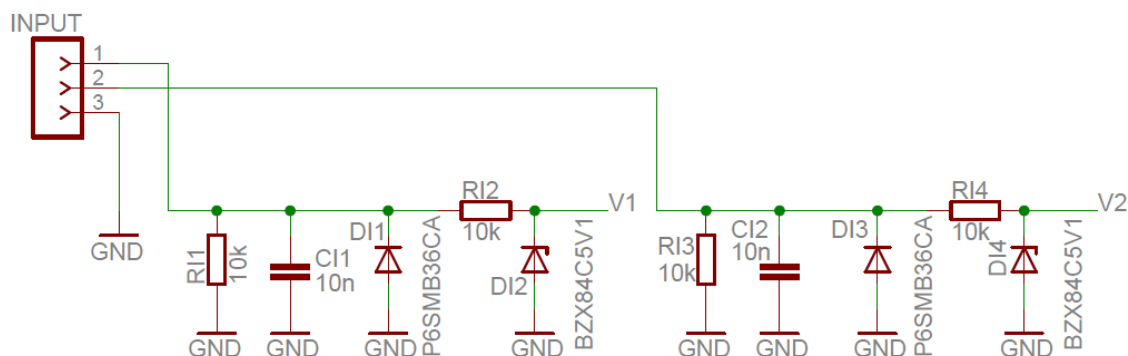
Tato součástka slouží pro nastavování hodnoty a ovládání menu. Připojení je podobné spínači kde jsou dva výstupy pro definování otáčení připojené na piny Arduina schopné vyvolat přerušení a jeden pro tlačítkovou funkci stlačením enkodéru směrem k desce. Zapojení enkodéru je zobrazeno na obrázku č. 27. Detekce směru otáčení je provedena v programu kde pomocí přerušení, kdy v okamžiku vyvolání změny program vyčte stav obou pinů porovná s předchozími stavy a vyhodnotí směr otáčení. Pro zamezení nechtěných impulzů je v detekci počítadlo, které je nadefinováno na deset průchodů v jednom směru. Pokud v daném směru po sobě nedojde deset krát nic se neprovede. Toto opatření je z důvodu kmitů na hraně kontaktů při kterých je možné aby kontakt vyvolal několik desítek sepnutí sporadickým kontaktem.



Obrázek 27: Zapojení rotačního enkodéru

4.2.7 Analogový vstup

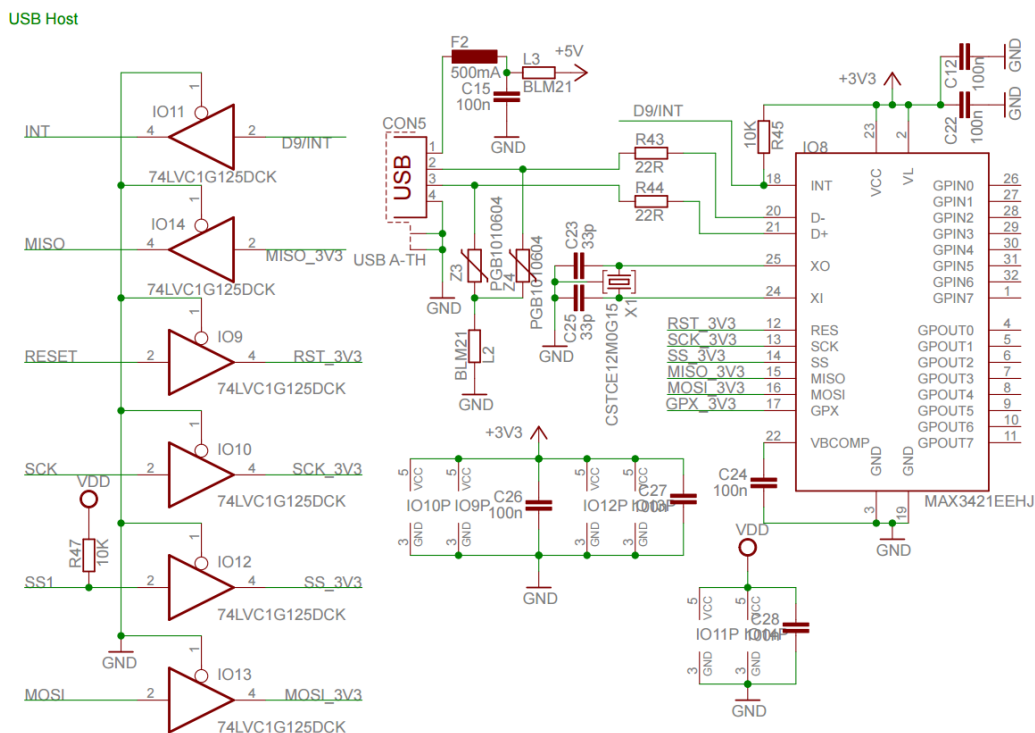
V požadavcích pro zařízení bylo ovládání světelných funkcí pomocí speciálního blikáče, který spíná 13,5V napájení. Jsou tedy zaimplementovány dva vstupy pro napájecí napětí zobrazeny na obrázku č. 28, které jsou pomocí zenerovy diody zredukovány na 5 V kvůli logice Arduina. Přepětí je zde řešeno transilem, který při přepětí nad 36 V způsobí trvalý zkrat se zemí pro ochranu desky a zabrání průniku do Arduina. Po přepětí je transil poškozen a je jej nutné vyměnit. Tato ochrana se běžně používá společně s pojistkou pro zajištění jak proudové tak napěťové ochrany.



Obrázek 28: Zapojení analogových vstupů

4.2.8 USB OTG

Pro zápis a čtení USB flash disků do velikosti 16GB slouží modul připojený na sběrnici SPI, který sdílí spojení s SD kartou ale má svůj aktivační pin SS sloužící pro volbu. Celkové zapojení modulu je zobrazeno na obrázku č. 29. Tento modul potřebuje pro svůj chod obě napětí 5V i 3,3V. Hlavním problémem propojení tohoto modulu je ten, že má všechny vstupy na 3,3V logice protože byl určen spíše pro Raspberry Pi které má stejnou logiku. Řešení této nekompatibility je řešeno integrovaným obvodem pro převod logické úrovně 74LVC1G125. Tento převodník mohl být použit i u I2C ale nebyl použit z důvodů ceny.



Obrázek 29: Zapojení USB OTG

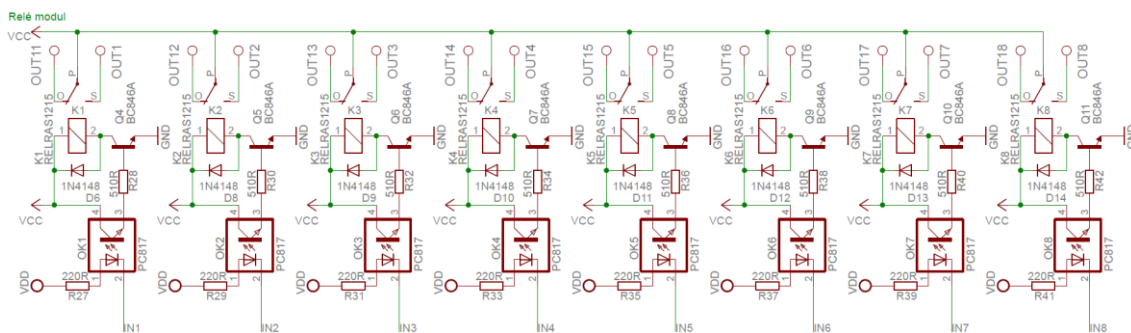
4.2.9 Klávesnice a Bluetooth

Klávesnice 4x4 tlačítka je přivedena pomocí flexi kabelu na základní desku, kde je spojena přímo na vstupní piny Arduina. Na desce je celkem 9 pinů pro případ volby klávesnice 5x4 tlačítek.

Bluetooth připojen pomocí konektoru na základní desce kde je propojen s Arduinem pomocí RS232 sběrnice. Pro tento modul je použita sběrnice RS232 číslo nula. Modul slouží pro komunikaci s mobilním zařízením, kde jsou nastaveny zatím jen základní funkce.

4.2.10 Relé modul

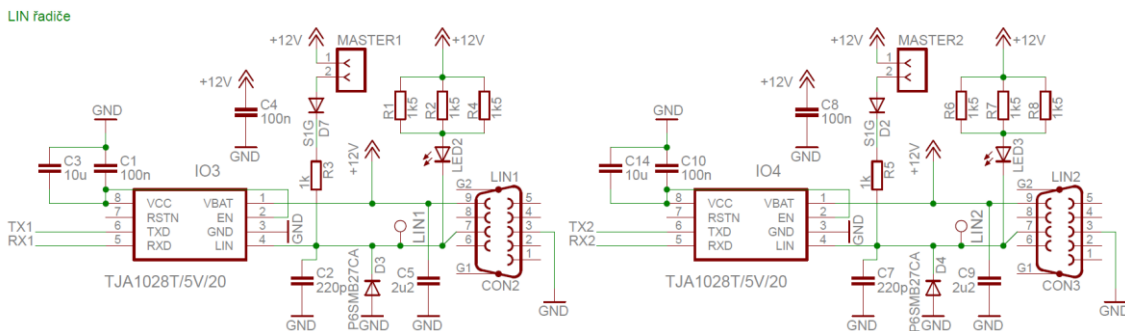
Pro spínání analogových výstupů byl zvolen relé modul obsahující osm relé zapojeny podle obrázku č. 30, které jsou dimenzovány na 230 V 10 A. Pro napájení je použito napětí 5 V a na spínaný vstup relé je přivedeno napětí vstupující do vstupu základní desky. Spínání je zajištěno optickými oddělovači pro každé relé zvlášť. Tyto vstupy jsou přivedeny přímo na výstupní piny Arduina. V základní poloze jsou po startu programu jsou relé nastaveny do vypnutého stavu k ochraně proti zkratu nechtěným sepnutím mimo program.



Obrázek 30: Zapojení relé modulu

4.2.11 HW vrstva LIN sběrnice

Hlavním bodem celé základní desky je implementace HW vrstvy pro LIN sběrnice. Z důvodů jedinečného ID zařízení na sběrnici a tedy i nemožnost připojení dvou stejných světlotetů jsou zde sběrnice dvě a jsou zapojeny podle obrázku č. 31. Komunikace mezi řadiči a Arduinem probíhá pomocí RS232 kde pro LIN 1 je použit port 1 a pro LIN2 port 2. Řadič následně provádí převod komunikace RS232, která má 5V logiku na LIN sběrnici, která má 12V logiku přičemž logická nula je 12V. Indikace komunikace je znázorněna LED diodou připojenou na výstup LIN sběrnice. Pro volbu mezi MASTER a SLAVE slouží spojka připojená na výstup LIN. Tato spojka zaručuje, že pokud je spojena přivede na výstup LIN +12V a tím definuje MASTER zařízení. Pokud je rozpojena je zapotřebí aby zařízení připojené na konektor mělo step-up odpor pro uvedení LIN sběrnice do logické nuly. Zapojení řadiče je převzato z jeho dokumentace, kde byl přidán přepínač a signalizační dioda. Výstupní konektor je typu D-SUB, který má 9 pinů kde jsou zapojeny tři vodiče. Napájecí výstup na pinu 9, zem na pinu 3 a LIN sběrnice na pinu 7, ostatní piny jsou volné. Zapojení výstupního konektoru je bráno podle specifikací LIN sběrnice.



Obrázek 31: Zapojení HW vrstvy LIN sběrnice

4.3 Konečná podoba testovacího boxu

Deska plošného spoje je navrhnutá tak, aby byla kompatibilní s hliníkovou krabicí Hammond, která má vevnitř zářezy do kterých se deska vsune. Není tedy potřeba desku ke krabici kotvit. Na obrázku č. 32 je zobrazena kompletní krabička, která má do vrchního panelu jsou vyfrézovány otvory pro displej a rotační enkodér. V bočních plastových krytech zobrazených na obrázcích č. 33 a 34 jsou otvory pro konektory USB, LIN a napájení. Nakonec z přední strany jsou umístěny konektory sloužící pro napájení a výstupní konektory připojené na relé modul umožňující spínání jednotlivých funkcí světlometu. Toto řešení se ukázalo jako dostatečně robustní a přitom se splnila podmínka kompaktní velikosti.



Obrázek 32: Finální box přední strana

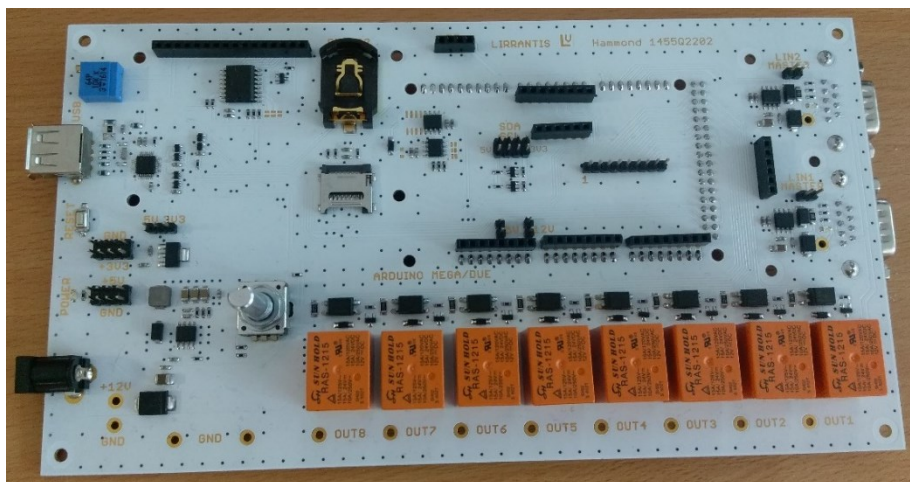


Obrázek 33: Finální box pohled komunikace

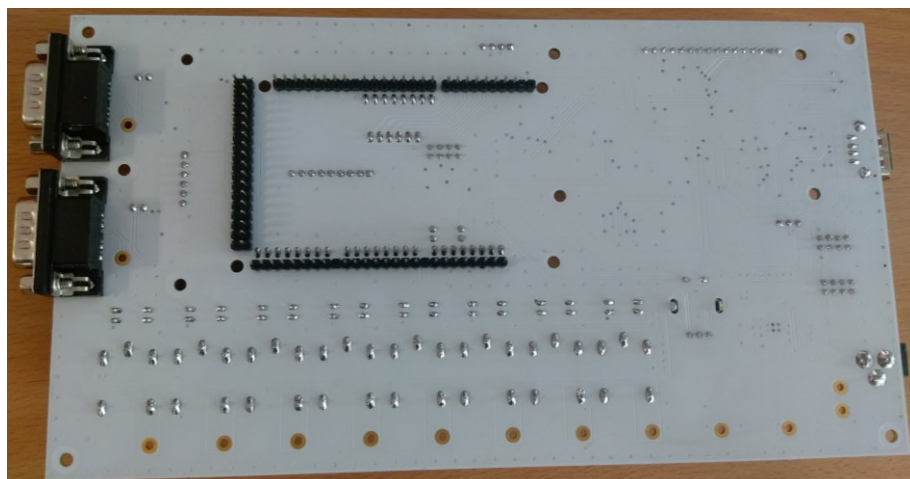
Na obrázku č. 35 je zobrazen kompletní plošný spoj testovacího boxu bez displeje. Vpravo dva konektory LIN sběrnice vlevo napájecí část a USB konektor pro logování. Pod displejem je pak schována baterie pro RTC obvod a SD karta. Jsou zde připraveny konektory pro případné rozšíření a bluetooth modul. Následně na následujícím obrázku č. 36 je pohled ze spodní strany desky kde se nachází konektory pro připojení Arduina.



Obrázek 34: Finální box pohled napájení a USB



Obrázek 35: Osazená deska přední strana



Obrázek 36: Osazená deska zadní strana

5 IMPLEMENTACE SW

Pro tvorbu programu byl použit vývojový nástroj Eclipse Neon s dodatkem pro Arduino, který následně dokáže zkompileovat program a nahrát do vývojové desky Arduino.

Jednotlivé moduly byly rozděleny do hlavičkových souborů, aby byl program přehlednější a snáze se opravovaly chyby nebo přidávaly nové funkce. Pro Arduino fungují hlavičkové soubory tak, že v hlavičkovém souboru „*.h“ jsou definice proměnných a funkcí a k tomuto souboru musí být přidružen soubor „*.cpp“ ve kterém jsou pak všechny funkce a proměnné použity. Hlavním souborem programu je soubor nazván stejně jako projekt s příponou „*.cpp“ ve kterém jsou nadefinovány knihovny, nastaveny rychlosti komunikace sériového portu a hlavní program, který volá funkce v knihovnách.

Pro Arduino bohužel nelze provést klasické ladění, protože mikroprocesory, které jsou použity pro Arduino tuto funkcionalitu nemají. Proto je důležité brát velký zřetel na čas procesoru a zajistit tak plynulý běh programu.

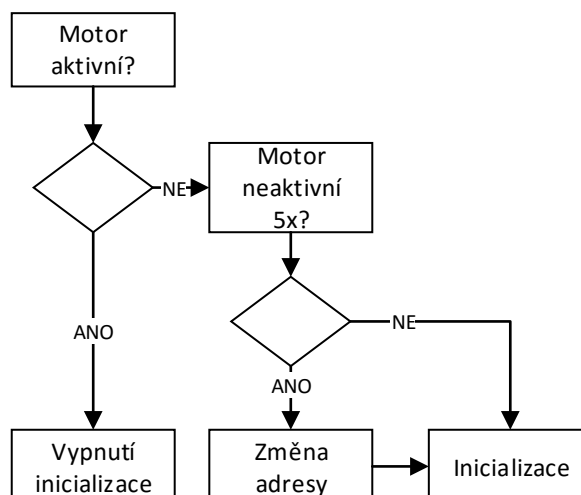
Program pro testovací box nazvaný Lirrantis byl vytvořen na bázi stavového automatu, kde cyklicky probíhá komunikace, která je pro tento box nejdůležitější a LIN komunikace musí být aktivní a cyklicky musí na sběrnici nejméně co 1,3 sekundy nějaká komunikace aby sběrnice a zařízení na ní nepřešly do režimu spánku. Mezi jednotlivými zprávami probíhají pouze funkce pro ovládání, zobrazení menu a ukládání stavu na SD kartu nebo flash disk.

5.1 Běh programu

Po startu testovacího boxu se provádí inicializace všech komponent a test samotného boxu. Zároveň se na displeji zobrazuje název a aktuální verze SW. Inicializace je zde kvůli zapnutí komunikace a nastavení všech modulů.

Testovací box funguje jako stavový automat, kde se akce vykonávají ve smyčce, která obsahuje kompletní uživatelské rozhraní i samotnou komunikaci a testovací běh. Jednotlivé body programu se podle potřeby zapínají a v základu je například vypnut režim sekvence pro testování a zapne se až po samotné volbě v menu. Tímto lze omezit zatížení procesoru, pokud chceme manuálně testovat nebo ověřovat funkce kde nepotřebujeme zapínat profil a stačí nám jen základní cyklická komunikace a ovládání.

LIN sběrnice je zde trvale zapnuta bez možnosti vypnutí protože se očekává nepřetržité spojení se světlometem. V případě, že k testovacímu boxu nic připojeno aktivuje se stav vyhledávání, při kterém se na sběrnici posílají inicializační zprávy, a kontroluje se, jestli po inicializaci byla navázána komunikace. Tento proces je zobrazen na obrázku č. 37. Tímto lze detekovat jakýkoli motor s jakoukoli adresou popřípadě obě strany světlometu. Vždy po několika neúspěšných inicializacích se změní adresa.

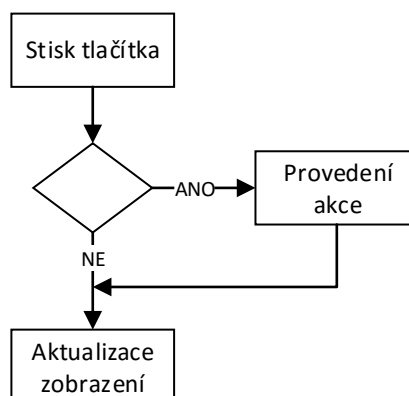


Obrázek 37: Postup při inicializaci

5.2 Zobrazení a ovládání

Ovládání je řešeno maticovou klávesnicí, kde jsou definovány klávesy pro ovládání menu. Na každém zobrazení menu je zobrazeno, jaké tlačítko je zde aktivní a co nastane po stisknutí. Tento princip bude v následující verzi nahrazen rotačním kóděrem pro větší jednoduchost menu, protože aktuální zobrazení 4x20 znaků na displeji naskytuje malé množství informací a je tedy potřeba aplikovat větší počet zobrazení. Klávesnice a rotační enkodér je v programu volán cyklicky pro zajištění rychlé reakce na stisk co 50 ms.

V programu se klávesnice vyhodnocuje ve smyčce podle obrázku č. 38, kde je vyhodnocení, jestli bylo tlačítko stisknuto. Pokud nebylo nic stisknuto provede se jen aktualizace zobrazení pokud je potřeba.



Obrázek 38: Vyhodnocení ovládání

5.3 Implementace LIN

Pro LIN sběrnici je vytvořena knihovna podporující LIN verze 1.3 a 2.0 o rychlosti 19200 bit/s. Jediným rozdílem ve verzích je ten, že v 2.0 se do kontrolního součtu počítá i ID.

Knihovna má dvě hlavní části a to vysílací a přijímací. Vysílací část má za úkol jen odeslat data na sběrnici. Pro vyslání dat je zapotřebí poslat ID, data zprávy a typ LIN protokolu. Program následně vypočítá kontrolní součet a začne vysílat data na sběrnici synchronizační impuls, na který naváže vysílanými daty.

Přijímací část je o něco komplikovanější protože je nutné čekat až slave odpoví na otázku a je potřeba znát kolik bytů má zpráva obsahovat. Nejprve pošle master synchronizační pulz a ID které určí, kdo bude odpovídat. Ten motor, který toto ID má nastaveno pošle postupně požadovaná data končící kontrolním součtem. Master tyto data uloží, porovná kontrolní součet a pokud vše souhlasí, předá dál ke zpracování. Pokud kontrolní součet nesouhlasí tak zprávu vyhodnotí jako chybu a čeká na další požadavek.

Tyto dvě funkce postačují ke kompletnímu přístupu LIN sběrnice a komunikací s až 16ti motory.

5.4 Komunikace s motory

Krokové motory připojené ve světlometu potřebují speciální sekvenci pro svoji činnost. Je tedy nutné dodržet inicializaci a cyklickou komunikaci popsanou v dokumentaci motoru.

Prvním úkonem pro komunikaci s motorem je tedy inicializace, která obsahuje definici plovoucích ID označujících, pod jakým příkazem ID bude motor reagovat. Každé ID podle toho, na které pozici v paměti motoru je určuje specifickou činnost motoru jako například pohyb, navrácení aktuální polohy nebo diagnostickou komunikaci.

Po úspěšné inicializaci je nutné říct motoru s jakými parametry a rychlostmi se má pohybovat. Následně je motor připraven pro svou funkci se správnými parametry a začne odpovídat na jednotlivé požadavky.

Motor si dokáže zapamatovat a následně poslat jako chybový stav na podpětí, přerušení sběrnice na více než 1,3s, překročenou provozní teplotu nebo HW chybu v motoru. Při většině vážnějších chyb přechází do chybového stavu, ve kterém zajede do nouzové polohy nebo se přestane pohybovat v závislosti na chybě. Tento stav pokud není trvalý, jako přerušení cívky motoru lze vymazat příkazem.

5.5 Řízení testů a možnosti

Testovací box dokáže fungovat ve dvou režimech. První je automatický profil kde se vykonává předem nastavená sekvence pohybů a svícení pro testovací účely. Druhou možností je manuální ovládání světlometu pro použití vývoje a měření na zkušebnách optiky nebo mechaniky kde je potřeba například otočit projektorem do určité polohy.

V automatickém testu je navíc možnost logování chyb vyčtených z komunikace pro pozdější vyhodnocení. Tato funkce je aktivní, jen pokud je v menu vybráno automatické testování s logováním. Při výběru testování je zde možnost vypnutí motorů, které nechceme při testu použít v případě nekompletnosti světlometu nebo testování jen jeho části.

V manuálním režimu lze ovládat všemi motory do libovolných poloh ohraničených dimenzemi maximálního otočení vůči světlometu, aby nedošlo ke kolizi jednotlivých částí světlometu. Ovládat polohu lze jde klávesnicí nebo kóděrem, který mění polohu po jednotlivých krocích.

Přídavnou možností je zde programování motorů a LDM kde lze parametrizovat nové ještě nepoužité motory na správnou adresu a parametry pro správný chod. Tato možnost je vhodná pro sestavování světlometů na prototypové dílně kde je zapotřebí parametrizovat motory zvlášť, protože v originálním stavu mají motory stejnou adresu a parametrizace by pak již nebyla možná.

Kontrolu světlometu z pohledu nastavení adres motorů lze provést funkcí pro kontrolu parametrů, kde po kontrole je uživateli zobrazeno o jaký světlomet a jaká strana je nastavena.

5.6 Android ovládání

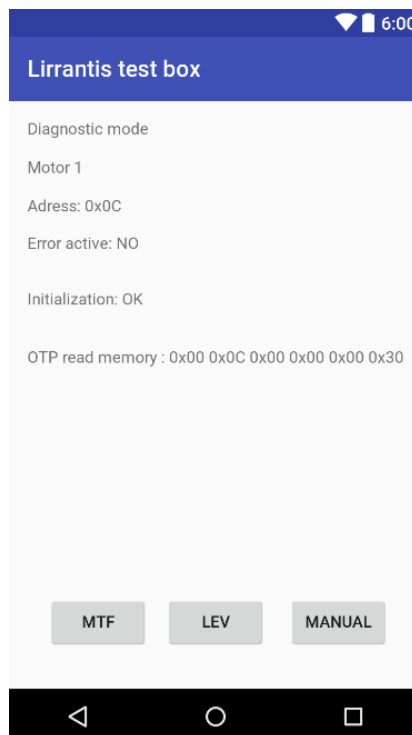
Volba ovládání mobilním zařízením je v tomto projektu jako dodatečná funkce a není potřebná pro fungování testovacího boxu. Je určena pro demonstrační účely a nemá zatím implementovány funkce navíc.

Pomocí aplikace v mobilním zařízení pro operační systém Android lze provádět základní operace hýbání motorků nebo vyčtení a zobrazení podrobnějších chyb co by se na displeji boxu špatně zobrazovaly. Použití mobilního zařízení je vhodné pro

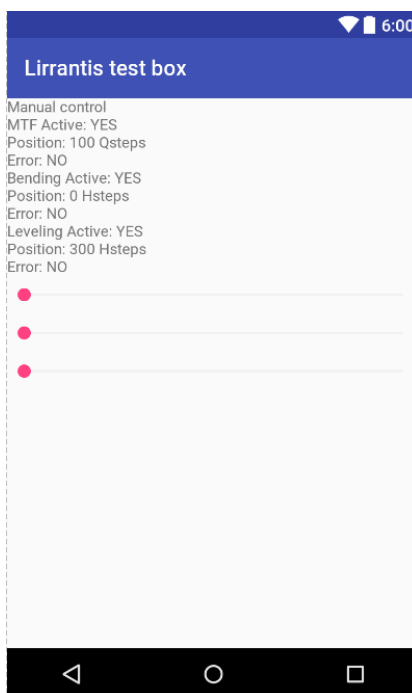
Aplikace je stále ve vývoji, kde bude následně přidána funkce nastavování vlastního testu pomocí funkce tvorby profilů. Touto funkcí se umožní nastavování profilů přímo technikům na zkušebnách bez větších znalostí problematiky. Po vytvoření profilu se pošle toto nastavení do testovacího boxu a uloží na SD kartu a bude přístupno ke spuštění sekvence.

Pro přídavné ovládání je zvolen bluetooth modul podporující bezdrátové připojení na krátkou vzdálenost okolo 10-15ti metrů. Tato vzdálenost je omezena díky hliníkovému provedení boxu ale naprosto dostačující.

K připojení mobilního zařízení je nutné zvolit volbu v testovacím boxu, aby se kompletní řízení přepnulo na bluetooth rozhraní. Touto volbou se deaktivuje ovládání na boxu a jakékoli zmáčknutí tlačítka na boxu vypne bluetooth rozhraní. Na obrázku č. 39 a 40 je zobrazeno základní zobrazení aplikace kde je možnost zobrazení chyb a manuální ovládání.



Obrázek 39:Zobrazení stavu



Obrázek 40: Manuální ovládání

6 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ A TESTOVÁNÍ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY

Testovací box byl testován dlouhou sekvencí, kde se průběžně kontroloval stav sekvence testu a jestli nenastal v komunikaci výpadek. Termokamerou se kontrolovalo přehřívání jednotlivých součástí, hlavně napájecí a procesorové části, které by mohly mít za následek snížení životnosti boxu.

Při EMC měření světlometu byl box vystaven výbojům, kterým úspěšně odolal, a nenastala žádná chyba komunikace.

Testování správnosti komunikace bylo provedeno měřicí kartou Canoe firmy Vector která dokáže logovat sběrnici a zobrazit podrobné chyby jako například chybu kontrolního součtu, špičky na sběrnici a stavy sběrnice jako režim spánku nebo neaktivitu sběrnice. Po týdenním provozu se nevyskytl závažnější problém v komunikaci a s ohledem na počet zpráv a chyb na sběrnici který byl zanedbatelný a v limitech byla ověřena

Testovací box byl již nasazen do testování světlometu Ford při měření rušení ze světlometu, kde byl box připojen skrze optické spojení z důvodu oddělení světlometu od okolních rušení. Další testy, které tento box již řídil, byly teplotní testy.

7 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

V této práci jsem se zaměřil na použití jednoduchého řešení pro ovládání a testování předních světlometů, které komunikují po sběrnici LIN s řídicí jednotkou automobilu. Provedl jsem analýzu již použitých systémů a vytvořil kombinaci více systémů do jednoho zařízení již fungujících ve firmě Varroc. Hlavním cílem bylo umožnit rychle a efektivně testovat a ovládat vyvíjený světlomet což se splnilo díky této práci. Při tvorbě jsem vytvořil jedinečný programový kód, ve kterém jsem zaimplementoval automobilovou komunikaci LIN simulující řídicí jednotku automobilu. Dále jsem umožnil jednoduché ovládání krokových motorů světlometu s možností libovolného otáčení se zobrazením aktuální polohy a stavu.

Výsledkem je testovací box Lirrantis umožňující kompletní otestování cyklickým profilem předem nastaveným nebo funkcí manuálního ovládání. Použil jsem platformu Arduino, které poskytuje dobrou podporu ve formě modulů různého použití. Program pro mikrokontrolér je napsán v jazyce C v programu Eclipse, který je rozšířen o Arduino knihovny. Testovací box jsem navrhnul tak aby byl snadno rozšiřitelný o přídavné externí moduly, pro které stačí umístit konektor na propojení. Testovací box umožňuje testovat světlomet použitím komunikace LIN po které probíhá cyklická komunikace umožňující ovládání a diagnostiku světlometu. Pro funkce ovládané připojením analogového vstupu jsou zde relé připojující napětí baterie 12 – 16V na vstupy světlometu.

Pro testovací box jsem vytvořil plošný spoj, na který jsem osadil moduly umožňující ovládání, komunikaci, spínání výkonových výstupů a logování dat. Zvolil jsem dvouvrstvý plošný spoj FR4 s použitím SMD součástek, kterou jsem nechal profesionálně vyleptat specializovanou firmou Gatema. Celý plošný spoj je dimenzován do krabičky Hammond, do které je vložen. Volbou této koncepce jsem vytvořil robustní a přitom kompaktní provedení.

K tomuto boxu jsem vytvořil aplikaci pro zařízení Android umožňující ovládání světlometu z krátké vzdálenosti a zobrazení chybových stavů. Aplikace je napsána v jazyce Java v programovacím prostředí Android Studio pro verzi android 4.1.2 a vyšší kvůli kompatibilitě. Aplikaci jsem vyvíjel na mobilním zařízení HTC One A9 na kterém jsem provedl testy funkčnosti. Komponenty zobrazující se na displeji jsou nastaveny pro správné rozložení pouze na displeji velikosti 5 palců. Na zařízeních jiných uhlopříček displeje není otestován a není zaručeno správné zobrazení.

V dalších krocích vývoje testovacího boxu je nutná implementace a doladění profilů a rozšíření možností pro připojení s mobilním zařízením. Vhodným rozšířením je zde implementace tvorby testovacích profilů v mobilním zařízení a pro PC s následnou možností nahrání do testovacího boxu pomocí bluetooth. Při tvorbě jsem narazil na nedostatky způsobené při volbě mikrokontroléru, který neobsahuje funkce pro krokování programu a není tedy možnost jednoduché analýzy programu v chodu. Pro další rozšíření, které bude obohaceno komunikací CAN se chci zaměřit na výběr řídicího mikrokontroléru s krokováním programu a vyšším taktem.

V první sérii jsem vyrobil 50 testovacích boxů pro okamžité použití ve vývoji a zkušebně. Tyto první kusy jsou již v provozu v různých konfiguracích podle potřeby a některé již testovaly světlomety i na EMC měření a prvních homologacích.

8 LITERATURA

1. **Gook, Michael.** *Hardwarová rozhraní - Průvodce programátora*. Brno : Computer Press, a.s., 2006.
2. **Ujbányai, Miroslav.** *Programujeme pro Android*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2012.
3. **Develop, Android.** <http://developer.android.com/>. *Developer Android*. [Online] Google, 2014.
4. **Konečný, Matěj.** zdrojak.cz/clanky/vyvijime-pro-android-blizsi-pohled-na-pohledy-1-dil/. *Zdroják.cz*. [Online] 2012.
5. **Vector.** Vector elearning. *LIN elearning*. [Online] 2017. www.elearning.vector.com.
6. **Arduino.** Arduino website. [Online] 2017. www.arduino.cc.
7. **BLUM, Jeremy.** *Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry*. Indianapolis : Ind.: Wiley, 2013. ISBN 978-1118549360.
8. **Voda, Zbyšek.** *Průvodce světem Arduina*. Bučovice : Martin Stříž, 2015.
9. **Ebay.** ebay.com. *Ebay*. [Online] 2017. www.ebay.com.
10. **Arduino-shop.** Arduino-shop. [Online] 2017. www.arduino-shop.cz.
11. **NI.** Introduction to the Local Interconnect Network (LIN) Bus. [Online] <http://www.ni.com/white-paper/9733/en/>.
12. **Herout, Pavel.** *Učebnice jazyka Java*. : Kopp, 2002. ISBN 978-80-7232-398-2.
13. **David, Matoušek.** *Práce s inteligentními displeji LCD*. : BEN Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-121-7.
14. —. *USB prakticky s obvody FTDI*. : BEN Techcká literatura, 2003. ISBN 80-7300-103-9.
15. **Kernighan Brian W., Ritchie Dennis M.** *Programovací jazyk C*. : Computer Press, 2006. ISBN 80-251-0897-X.
16. **Onsemi.** AMIS 30621. *Micro stepping Motor Driver Datasheet*. : ON Semiconductor, 2010.
17. —. NCV 70627. *Micro stepping Motor Driver Datasheet*. : ON Semiconductor, 2015.
18. **Paret, Dominique.** *Multiplexed Networks for Embedded Systems: CAN, LIN, FlexRay, Safe-by-Wire*. : Society of Automotive Engineers, 2014. ISBN 978-0768019384.
19. **Smyth, Neil.** *Android Studio Development Essentials Android 6 Edition*. : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. ISBN 978-1519722089.
20. **Zbyšek, Voda.** *Průvodce světem Arduina*. : BEN Technická literatura, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.